TRAVAUX

DE

BIOLOGIE VÉGÉTALE

Millot pinxit. Mabcard sculp.t

Imp Ch. Wittmann

QK1
.R44
1914
v.25(2)

REVUE GÉNÉRALE
DE
BOTANIQUE

TOME VINGT-CINQ *bis*

TRAVAUX DE BIOLOGIE VÉGÉTALE

LIVRE DÉDIÉ
A
GASTON BONNIER

PAR

SES ÉLÈVES ET SES AMIS

A l'occasion du vingt-cinquième anniversaire
de la
Fondation du Laboratoire de Biologie végétale
de Fontainebleau
et de la
Création de la Revue générale de Botanique

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, rue Dante, 1

1914

QK1
R44
1914
v.25(2)

REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE

TRAVAUX DE BIOLOGIE VÉGÉTALE

LIVRE DÉDIÉ

A

GASTON BONNIER

PAR

SES ÉLÈVES ET SES AMIS

A l'occasion du vingt-cinquième anniversaire
de la
Fondation du Laboratoire de Biologie végétale
de Fontainebleau
et de la
Création de la Revue générale de Botanique

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, rue Dante, 1

1914

Hélio. Maccard

Photo. Pierre Petit

Imp. Ch. Wittmann

GASTON BONNIER

PROFESSEUR DE BOTANIQUE
A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS (1887)

MEMBRE DE L'INSTITUT (1897)

MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
DE SAINT-PÉTERSBOURG (1912)

MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
DE VIENNE (1913)

FONDATEUR DU LABORATOIRE DE BIOLOGIE VÉGÉTALE
DE FONTAINEBLEAU (1889)

FONDATEUR DE LA REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE (1889)

Les Nectaires (1879)
Chaleur végétale (1880-1893)
Respiration et assimilation chlorophyllienne (1883-1891)
Synthèse des Lichens (1886-1889)
Anatomie expérimentale (1888-1895)
Développement de l'appareil vasculaire (1900-1912)
Flore de la France, de la Suisse et de la Belgique
(1912-1914)

Désireux de fêter à la fois le vingt-cinquième anniversaire de la Fondation du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et de la Création de la Revue générale de Botanique, les élèves et les amis de M. GASTON BONNIER *ont voulu lui manifester leur sympathie en lui offrant un volume contenant des Mémoires écrits à cette occasion par les Botanistes qui ont été les hôtes du Laboratoire de Biologie végétale ou les Collaborateurs de la Revue générale de Botanique.*

Il a été fait de ce volume un tirage spécial réservé aux souscripteurs. En outre, dans un intérêt bibliographique, il a été tiré des exemplaires qui ont été adressés gracieusement aux abonnés de la Revue générale de Botanique et constituent un tome supplémentaire (T. 25 bis) *de ce Recueil.*

LISTE DES SOUSCRIPTEURS

Aicard (Jean), Membre de l'Institut, Paris.

Allorge (Pierre), Paris.

Astruc (Albert), Professeur-adjoint à l'Ecole Supérieure de Pharmacie, Montpellier.

Avignon (J.-B.), Professeur spécial d'Agriculture, Montluçon.

Beauverie (Jean), Professeur-adjoint à la Faculté des Sciences, Nancy.

Benary (Heinrich), Erfurt.

Berteau (Armand), Chef du service botanique au Jardin colonial, Nogent-sur-Marne.

Berthault (Pierre), Docteur ès sciences, Paris.

Berthon (Commandant Paul), Beauvais.

Bertin (Antoine), Paris.

Blaringhem (Louis), Chargé d'un cours à la Sorbonne, Professeur au Conservatoire des Arts-et-Métiers.

Bloch (Madame), Paris.

Bois (Désiré), Assistant au Muséum, Professeur à l'Ecole coloniale, Paris.

Bonaparte (Prince Roland), Membre de l'Institut, Paris.

Bondois (Georges), Paris.

Bonnet (Eugène), Professeur au Lycée, Agen.

Boudier (Emile), Correspondant de l'Institut, Montmorency.

Bouget (Joseph), Botaniste de l'Observatoire du Pic du Midi, Bagnères-de-Bigorre.

Bouly de Lesdain (Maurice), Docteur ès sciences, Dunkerque.

Boutroux (Léon), Professeur à la Faculté des Sciences, Besançon.

Bouvier, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.

Bouyssous, Paris.

Briquet (John), Directeur de l'Herbier Boissier et du Jardin botanique, Genève.

Brocq-Rousseu (Denis), Docteur ès sciences, Paris.

Brun (Alexandre), Paris.

Buchet (Samuel), Préparateur à la Faculté des Sciences, Paris.

CAILLAS (Lieutenant Alin), Paris.
CAILLAS (Emile), Paris.
CANTONNET (André), Médecin des Hôpitaux, Paris.
CARPENTIER (Alfred), Professeur à la Faculté libre, Lille.
CEBRIAN DE BESTEIRO (Madame), Professeur à l'Ecole Normale, Madrid.
CHANCEREL (Lucien), Docteur ès sciences, Paris.
CHARTIER (Henri), Professeur au Collège, Melun.
COLANI (Mademoiselle M.), Hanoï.
COLIN (Abbé Henri), Professeur à la Faculté libre, Paris.
COMBES (Raoul), Docteur ès sciences, Paris.
CONSTANTINEANU (J.-C.), Professeur à l'Université, Iassy.
COQUIDÉ (Eugène), Docteur ès sciences, Moulins.
COSTANTIN (Julien), Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.
COUPIN (Henri), Chef des Travaux de Botanique à la Faculté des Sciences, Paris.
CRÉPIN (Albert), Tours.

DANIEL (Lucien), Professeur à la Faculté des Sciences, Rennes.
DASSONVILLE (Charles), Docteur ès sciences, Fontainebleau.
DEBEAUPUIS (Maurice), Préparateur à la Faculté des Sciences, Caen.
DEFFINS (Maurice), Paris.
DE GRAMONT (Comte), Membre de l'Institut, Paris.
DE LITARDIÈRE (R.), Poitiers.
DEPAPE (Abbé Georges), Maître de Conférences à la Faculté libre, Lille.
DE RICHTER (André), Privat-Docent à l'Université impériale, St-Pétersbourg.
DE ROTHSCHILD (Baron Edmond), Membre de l'Institut, Bienfaiteur du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, Paris.
DE VARIGNY (Henry), Docteur ès sciences, Paris.
DEVAUX (Henri), Professeur à la Faculté des Sciences, Bordeaux.
DE VRIES (Hugo), Professeur à l'Université, Amsterdam.
DOP (Paul), Chargé de cours à la Faculté des Sciences, Toulouse.
DOUIN (Charles), Professeur au Lycée, Chartres.
DOUIN (Robert), Paris.
DUBARD (Marcel), Professeur à la Faculté des Sciences, Clermont-Ferrand.
DUBOIS (Albert), Docteur de l'Université, Paris.
DUCELLIER (L.), Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Maison-Carrée, Alger.
DUFOUR (Léon), Directeur-adjoint du Laboratoire de Biologie végétale, Fontainebleau.
DURIN (Emile), Professeur au Collège, Pondichéry.

ERIKSSON (Jacob), Professeur de Botanique, Stockholm.

FLAHAULT (Charles), Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences, Montpellier.
FOËX (Etienne), Directeur-adjoint de la Station de Pathologie végétale, Paris.
FOLOPPE (R.), Paris.

François (Louis), Docteur ès sciences, Chef des Travaux à la Station d'Essais de semences, Paris.

Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques à la Faculté des Sciences, Paris.

Fritel (Paul), Préparateur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.

Fron (Georges), Maître de Conférences à l'Institut agronomique, Paris.

Gaillard (A.), Docteur en médecine, Paris.

Gain (Edmond), Professeur à la Faculté des Sciences, Nancy.

Ganiayre (Robert), Docteur en médecine, Paris.

Gaume (Raymond), Paris.

Gaumé, Paris.

Gautier (Louis), Professeur suppléant à l'Ecole de Médecine, Rennes.

Gèze (J.-B.), Docteur ès sciences, Professeur d'Agriculture, Villefranche de Rouergue (Aveyron).

Goldfluss (Mlle Mathilde), Docteur ès sciences, Lemberg.

Goumy, Docteur ès sciences, Principal du Collège, Neufchâteau (Vosges).

Groult (Marcel), Paris.

Guillaumin (André), Docteur ès sciences, Préparateur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.

Guilliermond (Alexandre), Chargé de cours à la Faculté des Sciences, Lyon.

Gundersen (Alfred), Chargé de cours à l'Université Harvard, Boston.

Heckel (Edouard), Professeur honoraire à la Faculté des Sciences, Marseille.

Henry (Edmond), Sous-Directeur de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy.

Hérissey (Henri), Professeur-agrégé à l'Ecole Supérieure de Pharmacie, Paris.

Hézard (Mlle Marie-Thérèse), Professeur à l'Ecole Sophie-Germain, Paris.

Hickel (Robert), Inspecteur des Forêts, Professeur à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Grignon.

Hue (Abbé Auguste-Marie), Levallois-Perret.

Humbert (Henri), Préparateur à la Faculté des Sciences, Clermont-Ferrand.

Hy (Abbé Félix), Professeur à la Faculté libre, Angers.

Jaccard (Paul), Professeur à l'Ecole Polytechnique, Zürich.

Jacob de Cordemoy (Hubert), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, Marseille.

Jodin (Henri), Préparateur à la Faculté des Sciences, Paris.

Jolly (R.), Préparateur à la Faculté des Sciences, Nancy.

Joukoff (Mlle Anna), Paris.

Joxe (Auguste), Docteur ès sciences, Paris.

Jumelle (Henri), Professeur à la Faculté des Sciences, Marseille.

Jungfleisch (C.), Paris.

Keiline (Mlle Eugénie), Paris.

Kolderup-Rosenvinge (Lauritz), Docteur ès sciences, Copenhague.

KORSAKOFF (Mlle Marie), Assistante à l'Ecole Supérieure, St-Pétersbourg.
KÖVESSI (Ferencz), Professeur à l'Ecole Supérieure des Mines et des Forêts, Selmeczbànya (Hongrie).

LACOSTE (Abbé Laurent), Paris.
LAPIE (Georges), Docteur ès sciences, Professeur à l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts, (Nancy).
LAS BARRAS DE ARAGON (Francisco de), Professeur à l'Université, Séville.
LAURENT (Jules), Professeur à l'Ecole de Médecine, Reims.
LAURENT (Marcellin), Docteur ès sciences, Paris.
LEBARD (Paul), Paris.
LEBLANC (Aimé), Paris.
LECLERC DU SABLON (Mathieu), Professeur à la Faculté des Sciences, Toulouse.
LEDOUX, Docteur ès sciences, Paris.
LEFÈVRE (Jules), Professeur au Lycée, Le Hâvre.
LENOIR (Maurice), Paris.
LESAGE (Pierre), Professeur à la Faculté des Sciences, Rennes.
LOTHELIER (Aimable), Docteur ès sciences, Paris.
LUBIMENKO (Wladimir), Conservateur du Laboratoire de Biologie végétale du Jardin botanique Pierre le Grand, Saint-Pétersbourg.
LUGARESI (Ezio), Docteur de l'Université de Paris, Milan.
LUIZET (Dominique), Taverny (Seine-et-Oise).

MAIGE (Albert), Professeur à la Faculté des Sciences, Poitiers.
MAS-LACOTTE (Madame), Professeur à l'Ecole Normale primaire de jeunes filles, Melun.
MATRUCHOT (Louis), Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences, Paris.
MER (Emile), Inspecteur des forêts en retraite, Nancy.
MESNARD (Eugène), Professeur à l'Ecole de Médecine et de Pharmacie, Rouen.
MICHEL-DURAND (Emile), Paris.
MILLOT (Adolphe), Professeur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.
MIRANDE (Marcel), Professeur à la Faculté des Sciences, Grenoble.
MOLLIARD (Marin), Professeur de Physiologie végétale à la Faculté des Sciences, Paris.
MOREAU (Laurent), Docteur ès sciences, Toulon.
MURAT, Chef de service à l'Institut Pasteur, Alger.
MUSSO (Louis), Docteur ès sciences, Chef de service à l'Institut Pasteur, Alger.

NAYRAC (Paul), Professeur au Collège, Dreux.
NICOLAS (Gustave), Chef des Travaux de Botanique à la Faculté des Sciences, Alger.

OFFNER (Jules), Professeur-suppléant à l'Ecole de Médecine, Grenoble.
ORLHAC (Eugène), Paris.

PALLADINE (Wladimir), Professeur de Botanique à l'Université impériale, Saint-Pétersbourg.

Pavlovitch (Paul St.), Professeur au Lycée, Belgrade.
Pereire (Gustave), Bienfaiteur du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, Paris.
Pereire (Henri), Vice-Président de la Société des Amis des Sciences, Paris.
Pierrefeu (Paul), Paris.
Piettre, Docteur ès sciences.
Pinel, Paris.
Poinsot (Mlle Julie), Paris.
Poisson (Henri), Docteur ès sciences, Préparateur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.
Prianichnikov (D. N.), Professeur à l'Institut agronomique de Petrowskoë, près Moscou.
Promsy (Mlle Germaine), Docteur ès sciences, Marseille.
Prunet (Adolphe), Professeur à la Faculté des Sciences, Toulouse.
Puech (Georges), Professeur au Collège, Dreux.

Ravin (Paul), Docteur ès sciences, Paris.
Raybaud (Laurent), Préparateur à la Faculté des Sciences, Marseille.
Renaud, Trésorier de la Société centrale d'Apiculture, Paris.
Richer (Pierre-Paul), Docteur ès sciences, Préparateur à la Faculté des Sciences, Paris.
Richet (Charles), Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine, Paris.
Ricôme (Hilaire), Professeur à la Faculté des Sciences, Lille.
Rosé (Edmond), Docteur ès sciences, Institut Pasteur, Saïgon.
Rouy (Georges), Asnières (Seine).

Sarton (Abbé Alfred), Docteur ès sciences, Blois.
Sée (Camille), Paris.
Sée (Pierre), Docteur en médecine, Paris.
Seignette (Adrien), Docteur ès sciences, Inspecteur général honoraire de l'Enseignement primaire, Paris.
Séliber (G.), Paris.
Servettaz (Camille), Docteur ès sciences, Thonon.
Sevalle, Secrétaire général de la Société centrale d'Apiculture, Paris.
Solacolu (Théodore), Professeur à la Faculté de Médecine, Bucarest.
Soursac (Louis), Professeur d'Agriculture, Marmande.

Tenaillon (Albert), Roye (Somme).
Teodoresco (Emanuel), Professeur de Botanique à l'Université, Bucarest.
Thomas (A.), Docteur ès sciences, Paris.
Thouvenin (Maurice), Professeur à la Faculté de Médecine, Besançon.

Valentini (Mlle Elvire), Assistante à l'Université, Kolozsvàr (Hongrie).
Vallot (Joseph), Directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc, Chamonix.
Van Tieghem (Philippe), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle, Paris.
Véchot (Albert), Professeur au Collège, Tonnerre.

Vercoutre (Auguste), Docteur en Médecine, Dijon.

Viguier (René), Maître de Conférences de Botanique coloniale à la Faculté des Sciences, Paris.

Voyer (Maurice), Paris.

Vuillemin (Paul), Correspondant de l'Institut, Professeur à la Faculté de Médecine, Nancy.

Weis (Frederik), Professeur de Physiologie végétale, Copenhague.

Weitz (René), Préparateur à l'Ecole de Pharmacie, Paris.

Zeiller (René), Membre de l'Institut, Professeur à l'Ecole des Mines, Paris.

Planche I

E. LE DELEY, IMP.

Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.
Bâtiment principal

LE
LABORATOIRE DE BIOLOGIE VÉGÉTALE
DE FONTAINEBLEAU

I

Fondation de la Revue générale de Botanique et du Laboratoire de Biologie végétale.

Nommé Professeur à la Sorbonne en 1887, M. Gaston Bonnier se proposa immédiatement de donner une vive impulsion aux recherches de Botanique en augmentant les moyens de travail pour provoquer l'augmentation des travailleurs.

Il se consacra dès le début à la réalisation de deux projets : le premier, fonder une nouvelle Revue de Botanique; le second, créer dans les environs de Paris une station botanique où l'on trouverait réunies toutes les conditions, toutes les facilités de travail qu'il est impossible de réaliser au centre d'une grande ville.

M. Bonnier mena de front ces deux entreprises.

Il s'assura la collaboration des principaux savants de la France et de l'étranger, et la *Revue générale de Botanique* parut en janvier 1889.

Nous ne pouvons citer tous les collaborateurs qui, dans le cours de ces vingt-cinq années, ont publié des travaux dans la Revue. Mentionnons seulement :

Parmi les botanistes français : MM. Bornet, Boudier, Costantin, Duchartre, Guignard, Prillieux, Van Tieghem, Zeiller, Membres de l'Académie des sciences; MM. Beauverie, Boutroux, Daniel,

Devaux, Dubard, Flahault, Gain, Guilliermond, Heckel, Henry, Houard, Hy, Jacob de Cordemoy, Jumelle, Laurent, Leclerc du Sablon, Lefèvre, Lesage, Magnin, Maige, Matruchot, Mesnard, Mirande, Molliard, Prunet, Ray, Ricôme, Thouvenin, Trabut, Viala, Viguier, Vuillemin, Professeurs ou Maîtres de Conférences dans l'Enseignement Supérieur.

Parmi les botanistes étrangers : MM. Briquet, Professeur à l'Université de Genève ; Eriksson, Professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède ; Jaccard, Professeur au Polytechnicum de Zürich ; Janczewski, Professeur à l'Université de Cracovie ; Kövessi, Professeur à l'École forestière supérieure de Hongrie ; Lubimenko, Directeur du Jardin botanique de Nikita (Crimée) ; Palladine, Professeur à l'Université de Saint-Pétersbourg ; Teodoresco, Professeur à l'Université de Bucarest ; de Vries, Professeur à l'Université d'Amsterdam ; Warming, Professeur à l'Université de Copenhague.

Ces noms suffisent pour témoigner de l'adhésion qui fut donnée au projet d'une nouvelle Revue botanique et pour faire voir la place que tient cette Revue dans la presse scientifique européenne.

La création du nouveau Laboratoire exigea plus de négociations et de démarches. Les difficultés à vaincre pour faire admettre un nouvel établissement de recherches sont de nature variée, et elles augmentent beaucoup quand il s'agit d'obtenir des fonds.

Heureusement M. Liard, alors Directeur de l'Enseignement Supérieur, comprenait mieux que personne l'extension que devaient prendre, dans l'ensemble de l'enseignement et des recherches, les chaires consacrées à l'étude des êtres vivants, et le rôle important que devaient jouer des Laboratoires extra-parisiens annexés à ces chaires. Son adhésion acquise, M. Bonnier put espérer obtenir des crédits.

Le principe admis, où créer le nouveau Laboratoire ? A la suite de divers projets, M. Bonnier se décida pour Fontainebleau. Il trouva l'accueil le plus empressé, le concours le plus efficace dans l'Administration des Forêts, principalement auprès de M. de Gaiffier, Conservateur, et de M. Croizette-Desnoyers, Inspecteur des Forêts. D'un commun accord, on choisit dans le terrain domanial un emplacement situé à cinq minutes de la gare de Fontainebleau.

Trois Ministères se trouvaient dès lors intéressés dans cette

affaire : le Ministère de l'Agriculture qui prêtait le terrain ; le Ministère de l'Instruction Publique qui accordait les crédits pour l'aménagement de ce terrain, la construction et l'entretien du futur Laboratoire; le Ministère des Finances, auquel il faut avoir recours quand des questions de crédits nouveaux sont en jeu, et lorsqu'on doit affecter à un but spécial une portion du Domaine de l'État.

Pour grouper les adhésions nécessaires, obtenir les actes administratifs indispensables, M. Bonnier eut à faire, dans ces divers Ministères, plus d'une démarche. Enfin, un décret présidentiel du 26 février 1889 sanctionna la nouvelle création.

Deux ans après la nomination de M. Bonnier à la Sorbonne, ses deux projets étaient réalisés.

Il fallut s'occuper de l'exécution. Le terrain fut promptement défriché. M. Nénot, architecte de la Sorbonne, s'intéressa vite à la création de cette station botanique d'un genre tout nouveau, hâta la construction du bâtiment, et le Laboratoire fut effectivement ouvert aux travailleurs au printemps de 1890, et inauguré officiellement par le Président de la République, qui était alors Carnot.

Pour mettre en lumière le caractère de ce Laboratoire, pour bien faire connaître que les recherches qui y seraient effectuées ne se borneraient pas à la systématique, mais auraient pour objet tout ce qui peut concerner la biologie des plantes, M. Bonnier donna à sa nouvelle création le nom de *Laboratoire de Biologie végétale.*

II

Première période de fonctionnement du Laboratoire. (1889-1899)

Les crédits accordés en 1889 ne permirent pas de construire le Laboratoire tel que l'avaient établi les plans de M. Gaston Bonnier; on ne put, au début, en réaliser que la moitié.

Outre le logement du gardien, il n'y eut au rez-de-chaussée que deux pièces, l'une pour l'ensemble des travailleurs, l'autre, constituant le cabinet du Professeur; au premier étage, on construisit des chambres pour les Élèves. Car notons ce fait que les travailleurs peuvent être, s'ils le désirent, logés au Laboratoire. La plupart

apprécient beaucoup l'avantage de se trouver ainsi tout à fait à portée de leurs occupations et de n'avoir pas de temps à perdre pour aller et venir matin et soir.

Quant aux places de travail, elles furent rendues aussi nombreuses que possible par suite d'une ingénieuse disposition de la grande salle. Comme cette pièce était très haute de plafond, on y établit une galerie qui en fait le tour et permet de doubler les places de travail. Une serre tempérée et une petite serre chaude ont été placées près du bâtiment principal.

Quand le Laboratoire eut donné des preuves suffisantes de sa vitalité, M. Bonnier demanda à la Municipalité de Fontainebleau de s'intéresser à son fonctionnement et d'y faciliter les recherches en augmentant un peu ses ressources budgétaires. Le Conseil municipal qui, dès le début, avait compris l'utilité d'une telle station et avait coopéré à son établissement en prenant à sa charge les frais d'adduction de l'eau au Laboratoire, entra dans les vues de M. Bonnier et mérita de nouveau les remercîments des amis de la science.

Quelques années plus tard, le Directeur obtint également une subvention du Conseil Général de Seine-et-Marne. C'est qu'il s'efforçait, non seulement de travailler aux progrès généraux de la science, mais aussi de rendre le Laboratoire utile à certains intérêts plus spéciaux de la région ou à des établissements d'instruction du département.

D'après ce qui a été dit plus haut des idées qui ont guidé M. Gaston Bonnier dans la création du Laboratoire de Fontainebleau, on se rendra aisément compte de la nature des travaux entrepris dans cette station scientifique. Ces travaux s'étendent à tout ce qui peut concerner la vie des plantes, leur structure, leurs fonctions, leur développement, les variations qu'elles peuvent éprouver suivant les conditions les plus diverses des milieux extérieurs, etc. Il n'est aucune question de Botanique pure ou appliquée qui ne puisse faire l'objet de recherches au Laboratoire.

On comprend aussi quels botanistes peuvent venir y travailler. Des connaissances déjà étendues sont exigées d'eux, puisqu'il s'agit d'exécuter des recherches personnelles. On rencontre donc, comme travailleurs, d'abord des jeunes gens qui se préparent à la carrière de l'Enseignement et se proposent d'acquérir le grade de Docteur.

Ces débutants ont besoin parfois qu'on leur indique un sujet de recherches. M. Bonnier leur en propose toujours plusieurs et chacun choisit suivant ses connaissances particulières et ses goûts spéciaux. Et tout le monde travaille dès lors avec la plus grande liberté.

Les débutants perfectionnent d'ailleurs leurs connaissances auprès des travailleurs expérimentés qui représentent la partie la plus importante des chercheurs du Laboratoire.

Ces travailleurs ne sont pas seulement des savants français. De Suède, de Norvège, de Danemarck, de Russie, de Roumanie, de Serbie, de Bulgarie, d'Italie, d'Espagne, des États-Unis, d'Autriche-Hongrie, d'Allemagne, etc, divers botanistes ont tenu à venir exécuter des travaux au Laboratoire de Fontainebleau.

En 1895, le Directeur commença à s'occuper d'une création qui est moins étrangère qu'on ne pourrait le supposer au premier abord, à la biologie végétale. On sait que M. Bonnier a fait de nombreuses et intéressantes recherches sur les abeilles, et en particulier sur les relations entre les abeilles et les fleurs. Il pensa donc qu'on pourrait exécuter au Laboratoire des travaux sur des sujets plus ou moins analogues aux siens, et il organisa un rucher.

Il fut en cela puissamment aidé par Georges de Layens, son parent et collaborateur pour divers ouvrages de botanique et d'apiculture, et l'un des Maîtres reconnus de l'Apiculture française.

G. de Layens installa d'abord quelques ruches, puis un plus grand nombre, et au bout de quelques années un rucher bien organisé.

Après le décès de son collaborateur et ami, M. Bonnier donna à cette installation le nom de *Rucher-École Georges de Layens.*

Ce Rucher reçut, en 1900, la visite des membres du Congrès international d'Apiculture.

J'ajouterai que le rucher fait connaître le Laboratoire dans un milieu différent de celui des botanistes. Bien des cultivateurs, des amateurs sont venus voir les ruches, y demander des renseignements sur la manière de cultiver les abeilles d'après les méthodes modernes, sur les divers systèmes de ruches et les instruments apicoles perfectionnés, etc.

En 1898, le Laboratoire ne comptait pas encore dix ans d'existence, et par le nombre des travailleurs qui s'y étaient installés plus ou moins longuement, par les recherches qui y avaient été faites et

dont les résultats avaient été pour la plupart publiés dans la *Revue générale de Botanique,* il avait tellement affirmé son utilité et son importance, que M. Bonnier jugea le moment venu de demander de nouveaux crédits pour parfaire l'installation telle qu'il l'avait imaginée au début.

III

Deuxième période de fonctionnement du Laboratoire. (1899-1914)

Les nouvelles constructions doublèrent l'étendue totale du bâtiment principal, ce qui permit d'établir, au rez-de-chaussée, une nouvelle grande pièce analogue à la première, et munie, comme elle, d'une galerie permettant d'augmenter le nombre des places de travail, plus deux autres pièces de surface moindre. Au premier étage, on créa une grande salle qui s'étendit sur toute la largeur du bâtiment. Cette pièce fut organisée de façon à pouvoir, suivant les besoins, y placer de grandes tables où il est facile d'étaler des plantes pour des comparaisons spécifiques de végétaux frais ou de plantes d'herbier, ou bien pour y faire des conférences qui peuvent être accompagnées de projections. C'est dans cette pièce qu'est placé un herbier renfermant presque toutes les plantes de France et même un assez grand nombre d'espèces étrangères, herbier légué il y a quatre ans au Laboratoire par M. Finot, Capitaine d'État-Major en retraite.

La bibliothèque fut également placée dans cette salle.

Le nombre des chambres destinées aux Élèves fut doublé.

Les crédits accordés permirent en outre d'élever une construction annexe, indépendante du bâtiment principal. Cette construction est spécialement destinée aux recherches de Physiologie végétale. Elle est constituée par trois pièces situées de plain-pied : l'une est orientée sensiblement vers le Nord, une autre vers le Sud, et entre les deux, une pièce noire. Ajoutons que, dans ces dernières années, on a pu élever une construction destinée à la photographie; elle se trouve située entre le bâtiment principal et l'annexe physiologique dont il vient d'être question.

C'est au printemps de 1899, que les nouvelles salles de travail,

entièrement aménagées, purent être mises à la disposition des travailleurs.

Il y a quelques années, le Ministère de l'Agriculture s'est rendu compte que divers travaux du Laboratoire avaient un intérêt agricole, que plusieurs de ses fonctionnaires y avaient travaillé et contribuaient à répandre les méthodes scientifiques dans les Écoles Supérieures d'Agriculture. Aussi le Laboratoire a-t-il été classé parmi les stations scientifiques qui reçoivent une subvention du Ministère de l'Agriculture.

Les agrandissements du Laboratoire eurent pour conséquence immédiate l'augmentation du nombre des botanistes venant y faire des recherches. Fréquemment encore, malgré l'augmentation du nombre des chambres, le Laboratoire ne suffit pas pour donner asile à toutes les personnes qui y travaillent.

Étant données les relations cordiales qui ont toujours existé entre les travailleurs, chacun est au courant du travail de tous, et s'intéresse à l'ensemble des recherches en voie d'exécution. Chacun, à son tour, profite de l'expérience, des conseils, des critiques d'un voisin, de sorte que se trouvent réalisés, si l'on peut parler ainsi, les avantages réunis de la liberté du travail individuel et de la solidarité du travail en commun.

Au Laboratoire on ne reste pas toujours cantonné dans les travaux de recherches ; on s'efforce aussi de rendre des services par une vulgarisation bien comprise de certaines parties de la science.

C'est ainsi que, depuis plusieurs années, à la saison des Champignons, des excursions hebdomadaires publiques sont organisées. Il s'est ainsi formé à Fontainebleau un petit noyau de mycologues qui se proposent d'étudier et de faire connaître la végétation fongique de la forêt. Ces herborisations sont suivies aussi par des amateurs qui s'initient aux connaissances élémentaires sur les Champignons, et apprennent à connaître les principales espèces communes, surtout les vénéneuses et les comestibles.

En outre, chaque année, à l'automne, a lieu une exposition de Champignons.

Nous ne donnerons pas la liste de tous les botanistes qui ont passé par le Laboratoire de Fontainebleau. Disons seulement que parmi ceux qui y ont fait leurs débuts de chercheurs, il en est qui occupent des Chaires magistrales ou des Maîtrises de Conférences à

Paris, Lille, Nancy, Lyon, Marseille, Bordeaux, Poitiers, Clermont-Ferrand, Rennes, Caen. Nous avons ainsi nommé la plupart des Universités de France.

Parmi les Universités étrangères dont d'anciens élèves sont venus faire des travaux à Fontainebleau, citons : Lund, Upsal, Cambridge, Christiania, Copenhague, Saint-Pétersbourg, Moscou, Bucarest, Kolozsvar, Buda-Pest, Genève, Bologne, Oviedo, Boston, Harward-University, etc.

Nous nous en voudrions ne pas évoquer ici le souvenir des anciens travailleurs qui ont disparu.

Georges DE LAYENS a fondé, comme nous avons vu plus haut, le Rucher du Laboratoire. Malgré sa modestie, ce savant est connu dans le monde apicole tout entier, car il est l'inventeur d'un type de ruche très pratique auquel l'accord unanime des apiculteurs a donné son nom. Il a fait des recherches sur de nombreuses questions d'apiculture scientifique ou appliquée, et publié des travaux qui font autorité. En outre, il a été le collaborateur de M. G. Bonnier pour plusieurs ouvrages, principalement pour une *Flore complète de France* et un *Traité d'Apiculture,* remarquables par la clarté et l'originalité du mode d'exposition.

GÉNEAU DE LAMARLIÈRE a été un des travailleurs des premières années du Laboratoire. Il mourut, encore jeune, étant Professeur à l'École de Médecine de Reims, sans avoir pu fournir la carrière scientifique que promettait la précision de ses premiers travaux. Citons parmi ceux-ci sa thèse sur l'Anatomie des plantes de la famille des Ombellifères, et ses recherches sur les Cryptogames du Nord de la France.

JÖNNSON, Professeur à l'Université de Lund (Suède) est venu travailler au Laboratoire et a publié les résultats des recherches qu'il y a effectuées sur les Mousses dans les Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences.

GAUCHERY a été un travailleur acharné : il a mené de front ses études de Botanique et ses études de Médecine avec un égal succès. Docteur ès sciences, Interne des hôpitaux de Paris, puis Docteur en Médecine, il était devenu Préparateur à la Faculté des Sciences ; c'est dans l'exercice de ses fonctions médicales qu'il est tombé, victime du devoir, atteint par la fièvre typhoïde.

Bastid avait fait d'intéressantes recherches sur l'Anatomie et la Physiologie des Muscinées, et était entré dans l'Administration des Collèges.

Daguillon avait établi au Laboratoire des cultures de divers Conifères, servant à ses remarquables études sur les Gymnospermes, et était devenu Professeur-adjoint de Botanique à la Sorbonne, où ses qualités de Professeur étaient très appréciées.

Noel Bernard, lui aussi, est mort jeune, frappé au moment où il commençait à recueillir le fruit de ses travaux. Esprit très distingué, il a publié de remarquables recherches sur la germination et la tuberculisation des Orchidées, sous l'influence des Champignons que l'on rencontre dans ces plantes. Il venait d'être nommé, depuis peu, Professeur à l'Université de Poitiers quand il a succombé.

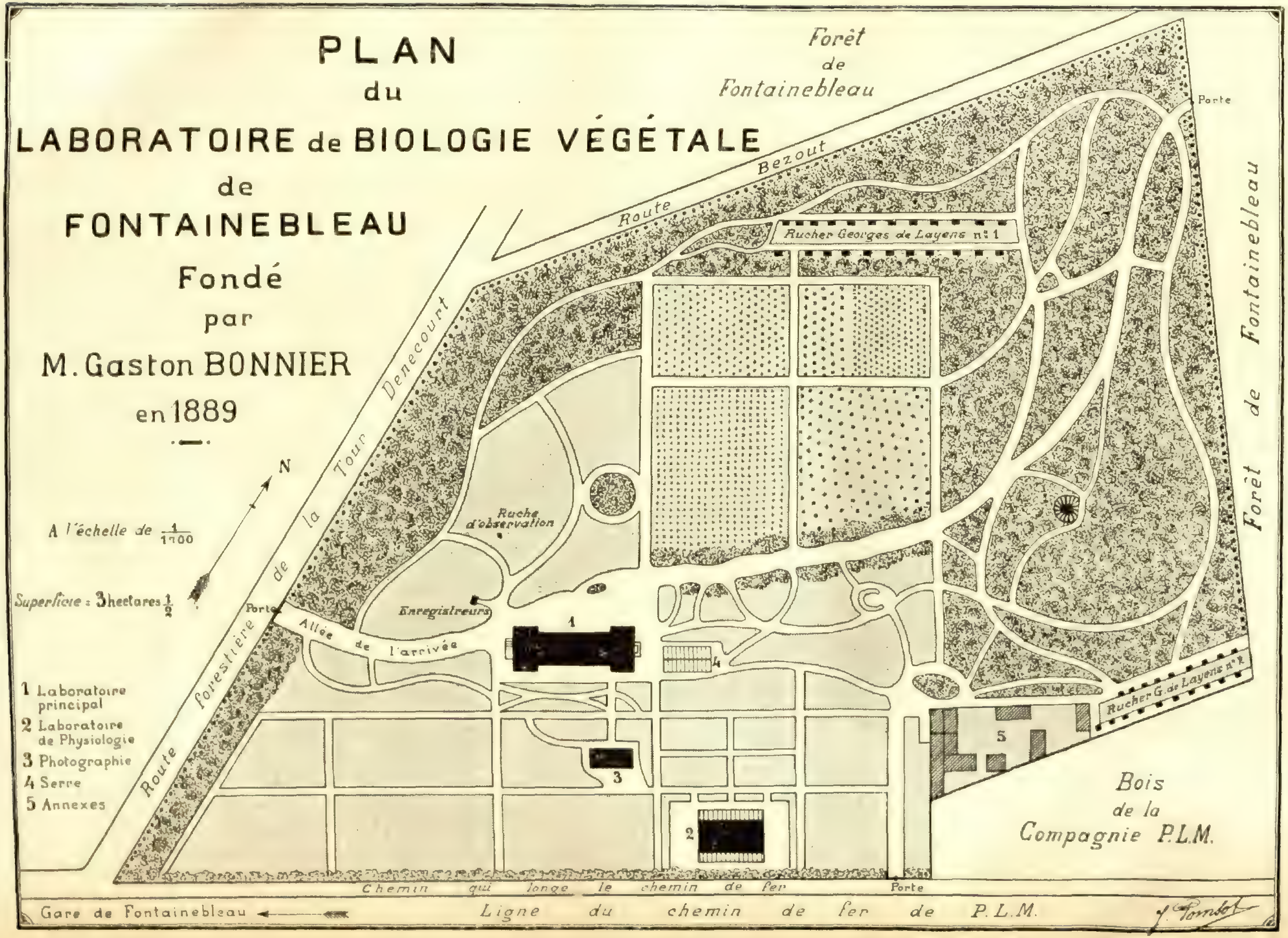
Griffon, jeune Professeur à l'École d'Agriculture du Chesnois, près de Montargis, employait courageusement tous les instants de liberté que lui laissait son service pour venir au Laboratoire, préparer une thèse de Doctorat. Plus tard, il y est revenu à diverses reprises, et il aimait à s'y retrouver. Professeur à l'École Nationale d'Agriculture de Grignon, il y a complètement réorganisé l'enseignement de la Botanique, et fait de nombreuses recherches. Il a également exécuté des travaux très intéressants sur les maladies des plantes à la station de Pathologie végétale de Paris dont il avait pris la direction. Une notice complète publiée dans la *Revue générale de Botanique* a remarquablement mis en lumière, et avec juste raison, ses rares qualités de chercheur et de professeur.

De Rufz de Lavison n'a laissé que des travaux peu nombreux mais excellents qui annonçaient un physiologiste de grande valeur. Il venait à peine de passer sa thèse de Doctorat, thèse qui avait été très remarquée, quand il partit pour faire de grandes ascensions dans les Alpes ; c'était en effet un alpiniste hardi, trop hardi peut-être, car, au glacier des Étançons, il fut victime d'un accident qui lui a coûté la vie, à l'âge de 24 ans.

A tous ces disparus, nous adressons l'expression de nos regrets et de notre impérissable souvenir.

Léon Dufour.

Directeur-Adjoint
du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.


PLAN
du
LABORATOIRE de BIOLOGIE VÉGÉTALE
de
FONTAINEBLEAU
Fondé
par
M. Gaston BONNIER
en 1889
Forêt de Fontainebleau
Route Bezout
Rucher Georges de Layens n° 1
Porte
Forêt de Fontainebleau
Route de la Tour Denecourt
N
A l'échelle de 1/1700
Superficie : 3 hectares 1/2
Ruche d'observation
Enregistreurs
Porte
Allée de l'arrivée
Route forestière
1 Laboratoire principal
2 Laboratoire de Physiologie
3 Photographie
4 Serre
5 Annexes
Rucher G. de Layens n° 2
Bois de la Compagnie P.L.M.
Chemin qui longe le chemin de fer
Porte
Gare de Fontainebleau
Ligne du chemin de fer de P.L.M.

E. LE DELEY, IMP.

Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

La grande allée

Pavillon de Physiologie

Un coin boisé du parc et le Chaume

E. LE DELEY, IMP.

LES GERMES DE ROUILLES

DANS L'INTÉRIEUR DES SEMENCES DE GRAMINÉES (1)

par M. J. BEAUVERIE

Professeur-adjoint à la Faculté des Sciences de Nancy.

Des recherches, commencées avec l'impression que la propagation des rouilles par les semences des céréales n'est point un fait réel, nous ont amené à admettre au contraire la possibilité de ce mode de propagation. C'est qu'au début de nos recherches nous nous trouvions en face d'une seule hypothèse, celle bien connue de M. Eriksson, qui admet que la rouille séjourne dans la semence des Graminées (ou des Malvacées pour les rouilles des mauves) à l'état mycoplasmatique. Nous ne pouvons adopter cette hypothèse pour

(1) Depuis l'époque où ce manuscrit a été remis, nous avons continué ces recherches et les faits nouveaux constatés ont, d'une part, étendu nos connaissances sur la fréquence des germes, mais, d'autre part, ils sont venus ébranler notre tendance à croire à l'efficacité de ces germes ; toutefois la question n'est pas résolue et reste à l'étude. Nos observations à ce sujet auront paru aux *Comptes rendus* lorsque sera publié ce memoire.

Nous tenons à dire également que nous n'avons eu connaissance que postérieurement à la rédaction de ce travail de la belle planche en couleurs où MM. Eriksson et Henning *(Die Getreideroste, 1896)* figurent des conceptacles à uredo et à téleutospores dans les semences de céréales. M. Eriksson, et quelques auteurs antérieurs, qu'il cite, ont donc, bien avant nous, signalé ce fait ; ce savant ne croit pas cependant devoir lui attacher d'importance ; nous avons cru, au contraire, qu'il importait d'en entreprendre l'étude méthodique et d'en reconnaître la portée scientifique et pratique.

Ces observations concordantes n'en établissent que mieux la fréquence des germes dans les semences : en France, à Madagascar (comme nous l'avons vu) aussi bien qu'en Suède ; elles montrent tout l'intérêt qui s'attache à élucider, par des observations et des expériences et non des déductions *a priori*, la question de l'efficacité de leur rôle, fût-ce même par la négative.

les raisons que nous avons déjà données (1) et celles que nous publierons bientôt ; mais il reste néanmoins, des belles recherches d'Eriksson sur ce sujet, qu'il y a lieu de rechercher si les semences ne peuvent transmettre les rouilles d'une autre façon que celle qu'invoque ce savant.

Il serait donc intéressant d'établir les points suivants :

1° L'existence du mycoplasma n'est pas démontrée. Il faut supprimer, d'une étude positive et véritablement scientifique de la question de la propagation des rouilles, cette notion insuffisamment fondée ;

2° Il peut exister des germes de rouilles dans les semences des graminées ;

3° Ces germes sont assez fréquents et il est urgent de rechercher si leur présence constitue un fait d'un réel intérêt pratique ;

4° Ces germes transmettent-ils la maladie d'une saison à l'autre ?

Nous envisagerons ici surtout les questions 2 et 3.

Nous nous proposons de revenir ailleurs sur la critique de la valeur de l'hypothèse du mycoplasma et particulièrement sur les arguments histologiques invoqués par son auteur. Quant à la question 4°, nos recherches et nos expériences, encore qu'elles aient été assez nombreuses, ne nous permettent pas de nous prononcer aujourd'hui. Nous devons les continuer et, comme nous le dirons plus loin, des observations récentes nous donnent tout lieu d'espérer que nous pourrons trancher, sans trop de difficultés, la question dans un sens ou dans l'autre, lors de la saison prochaine. Mais, dès à présent, nous avons des raisons de croire que les graines des graminées qui abritent dans leurs tissus les germes de rouille, contribuent pour une importante part à assurer la pérennité de la rouille à travers la mauvaise saison.

(1) L'hypothèse du mycoplasma et les corpuscules métachromatiques. (C. R. Ac. des Sciences, 6 mars 1911.)

— La signification des corpuscules métachromatiques dans les cellules des céréales infestées par la rouille. (C. R. Soc. de Biologie, 25 mars 1911.)

— Etat actuel de la question de la propagation des rouilles, in Revue générale des Sciences 1911.

— Compte-rendu critique de l'ouvrage de M. Eriksson : *Der Malvenrost,* in Revue générale de Botanique 1913 p. 376-380.

— Phagocytose et corpuscules métachromatiques. (C. R. de la Société de Biologie, 1913.)

Il peut exister des germes de Rouilles dans les semences des Graminées sauvages ou cultivées.

Nous avons, pendant l'été 1912, alors que la moisson était faite et les blés en meules, constaté l'existence de sores et de mycélium de rouille dans l'intérieur de grains et d'épis de blés recueillis à peu près au hasard. Ces grains avaient été conservés dans des fixateurs et observés assez tard, en septembre, alors qu'il était devenu impossible de retrouver des épis. En revanche, nous dirigeâmes notre attention ainsi éveillée sur les Graminées sauvages développées à ce moment, et nous fûmes frappé de la fréquence de la présence d'organes conservateurs de rouille dans l'intérieur de la graine même. Nous avons publié nos premières observations en 1913 (1). Aussi, lorsqu'arriva l'époque des moissons de la présente année (1913), ne manquâmes-nous pas d'examiner attentivement les céréales sur pied. Nos observations les plus intéressantes furent faites, comme l'année dernière, dans les environs de Beynost (Ain) où nous pûmes poursuivre des observations en pleins champs du 12 juillet jusqu'au 10 août et même plus tard, les moissons ayant été particulièrement tardives cette année. Nous avons pu rayonner des bords du plateau des Dombes jusqu'au Rhône, et d'Ambérieu jusqu'à Lyon. Nous avions commencé nos observations à Nancy et dans les environs.

Comme à l'automne dernier pour les Graminées sauvages, et plus encore, notre surprise fut grande de constater la proportion considérable de graines portant des germes de rouilles. Nous ne retiendrons aujourd'hui de nos observations sur les Graminées cultivées ou sauvages que les deux cas suivants qui ont particulièrement fixé notre attention : celui du Blé et celui de l'Orge.

Le cas de l'Orge est surtout intéressant et démonstratif, et permet de vérifier avec la plus grande facilité, sans le secours d'instruments, et simplement à l'œil nu, l'extraordinaire fréquence de sores à urédospores dans le grain vêtu ; le cas du Blé est plus délicat, et ne permet pas de conclure avec autant de certitude à la fréquence des germes dans le grain à cause de la difficulté de l'observation.

(1) Sur la question de la propagation des rouilles chez les Graminées. (C. R. de l'Académie des Sciences. Séance du 5 mai 1913.)

Cas du Blé.

Répartition et fréquence des germes de Rouilles.

Examinons d'abord le cas du Blé. Pour reconnaître la présence de la rouille dans le grain, il faut forcément faire des coupes minces, car le mycélium ou les sores se localisent plus ou moins profondément dans les tissus du péricarpe et leur transparence n'est pas suffisante pour qu'on puisse rien déceler ni à l'œil nu, ni à la loupe. Nous avons cependant retrouvé sur de nouveaux épis le

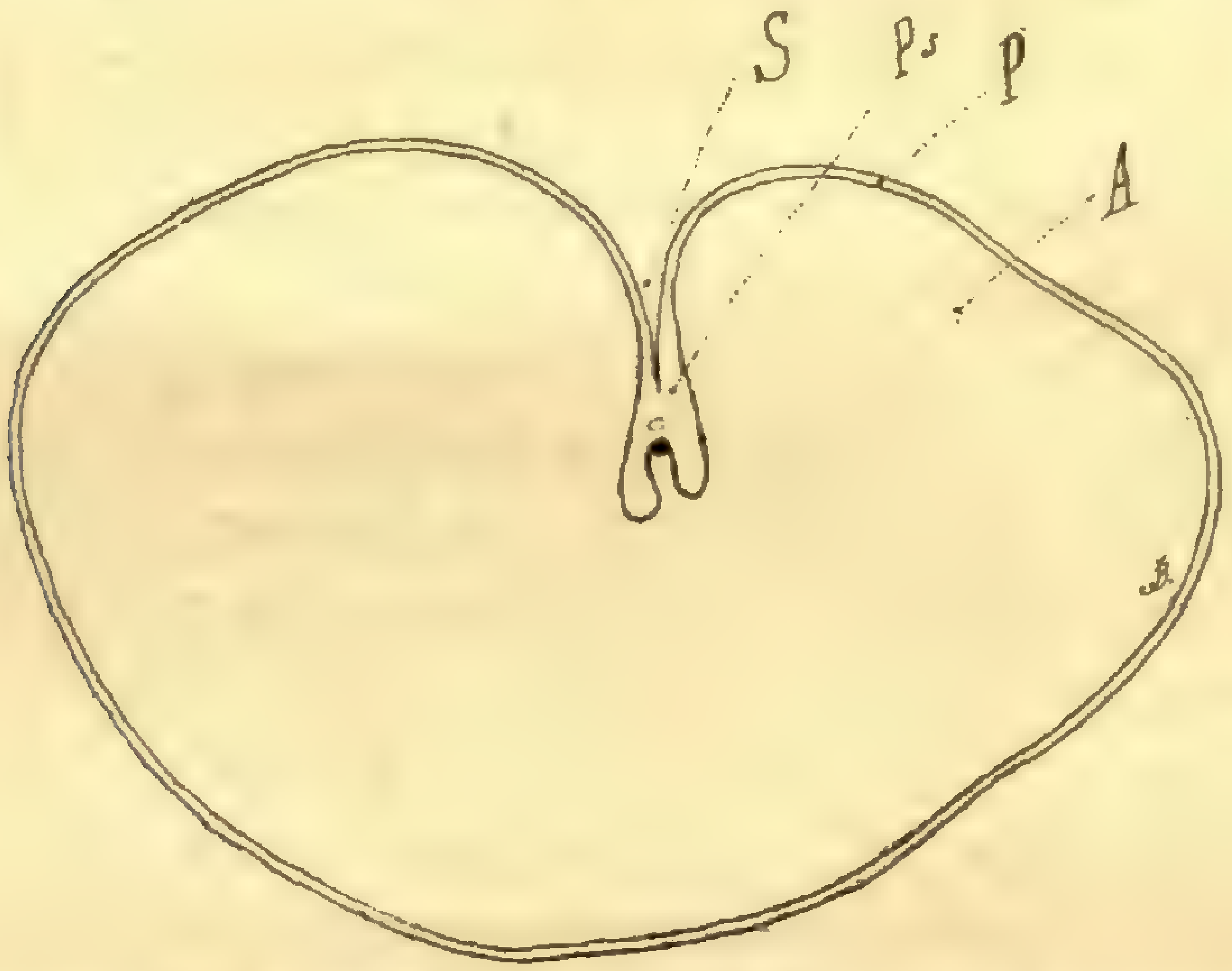


Fig. 1. — Schéma de la coupe transversale d'un grain de Blé pour rappeler la situation du *sillon* S avec son parenchyme Ps, du péricarpe P et de l'albumen A.

mycélium et les sores que nous signalions l'année dernière dans l'intérieur du grain. Nous n'entrerons pas aujourd'hui dans des détails sur l'étude anatomique de la répartition du mycélium et des sores dans l'intérieur des tissus, nous nous contenterons de donner les figures ci-contre (fig. 1, 2, 3, 4) grâce auxquelles on pourra déjà apprécier d'une façon très suffisante ces caractères anatomiques. Disons seulement que les sores se produisent, dans tous les cas observés, dans le parenchyme du sillon (fig. 1, 2, 3, 4), seule région où ils trouvent la place suffisante pour se développer. Dans le reste du péricarpe, on peut trouver aussi du mycélium. Il faut faire remarquer qu'une cause d'erreur peut provenir de la présence d'un mycélium autre que celui de la rouille. Il est certain que l'on trouve souvent à l'extérieur du grain des filaments ramifiés formant

parfois des réseaux de couleur sombre à la surface du fruit et qui proviennent très vraisemblablement de « noirs » (fig. 5). On peut en retrouver aussi dans le péricarpe; en fait, on constate souvent dans celui-ci des filaments mycéliens, fins et intracellulaires qu'il

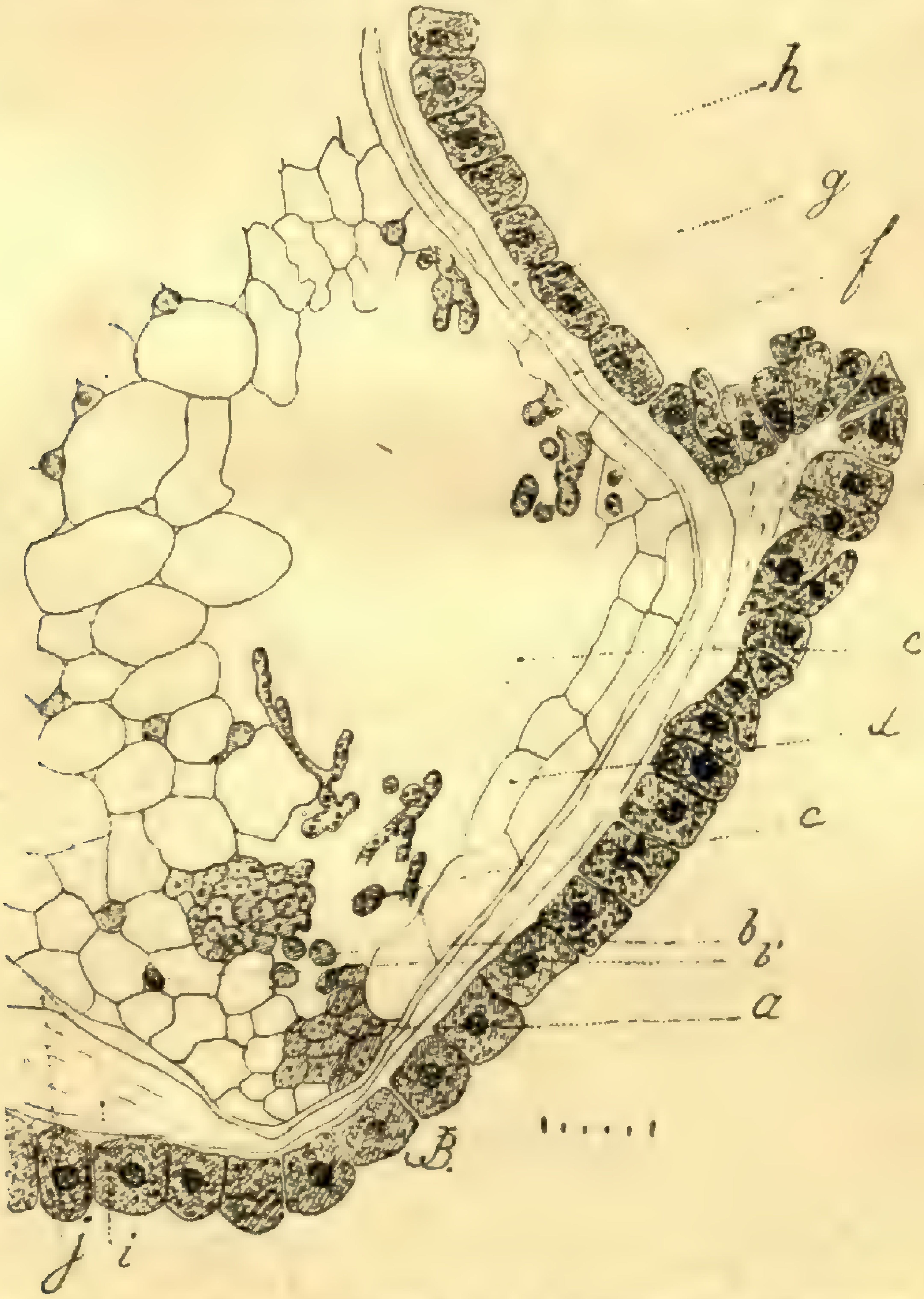


Fig. 2. — Coupe transversale d'un grain de Blé, montrant une portion de parenchyme du sillon. On y trouve du mycélium intercellulaire de rouille *b* formant aussi des masses de stroma *a*. Il s'est produit une lacune *e* ; on trouve souvent des sores dans un tel emplacement. Ces filaments et stroma sont ponctués de corpuscules métachromatiques (la préparation étant colorée au Bleu Unna). Ce même grain de blé renfermait des sores à urédospores.
Dessin à la chambre claire, chaque division de l'échelle équivaut à 10 μ.

paraît difficile d'identifier du mycélium de rouille. En général, cependant, il n'est pas possible de se tromper si l'on ne retient que les cas d'un mycélium assez fort, intercellulaire (sauf les suçoirs qui sont endocellulaires) et que l'on retrouve plus ou moins souvent en

connexion ou continuité avec des sores à uredo ou à téleutospores. Outre le cas où le mycélium et les sores se trouvent à l'intérieur du grain de blé, il faut signaler celui de l'existence de touffes d'urédospores que l'on trouve assez fortement adhérentes parfois à la sur-

Fig. 3. — A. Dessin demi-schématique de la coupe transversale d'un grain de blé, au niveau du sillon *S*. Le parenchyme *P* est envahi par le mycélium intercellulaire de la rouille qui a produit un sore à urédospores (S.) ; *st*, son stroma.
Chaque division des échelles équivaut à 10 μ.

face du grain de la manière que représente la figure 5. En effet, dans toutes les régions que nous avons le plus parcourues : environs de Beynost, bords du plateau des Dombes entre le Mas-Rillier et Sathonay, nous avons trouvé, sans chercher beaucoup, des épis dont

les grains portaient des touffes de spores que nous prîmes d'abord pour des sores s'ouvrant à l'extérieur, mais qui résultent seu-

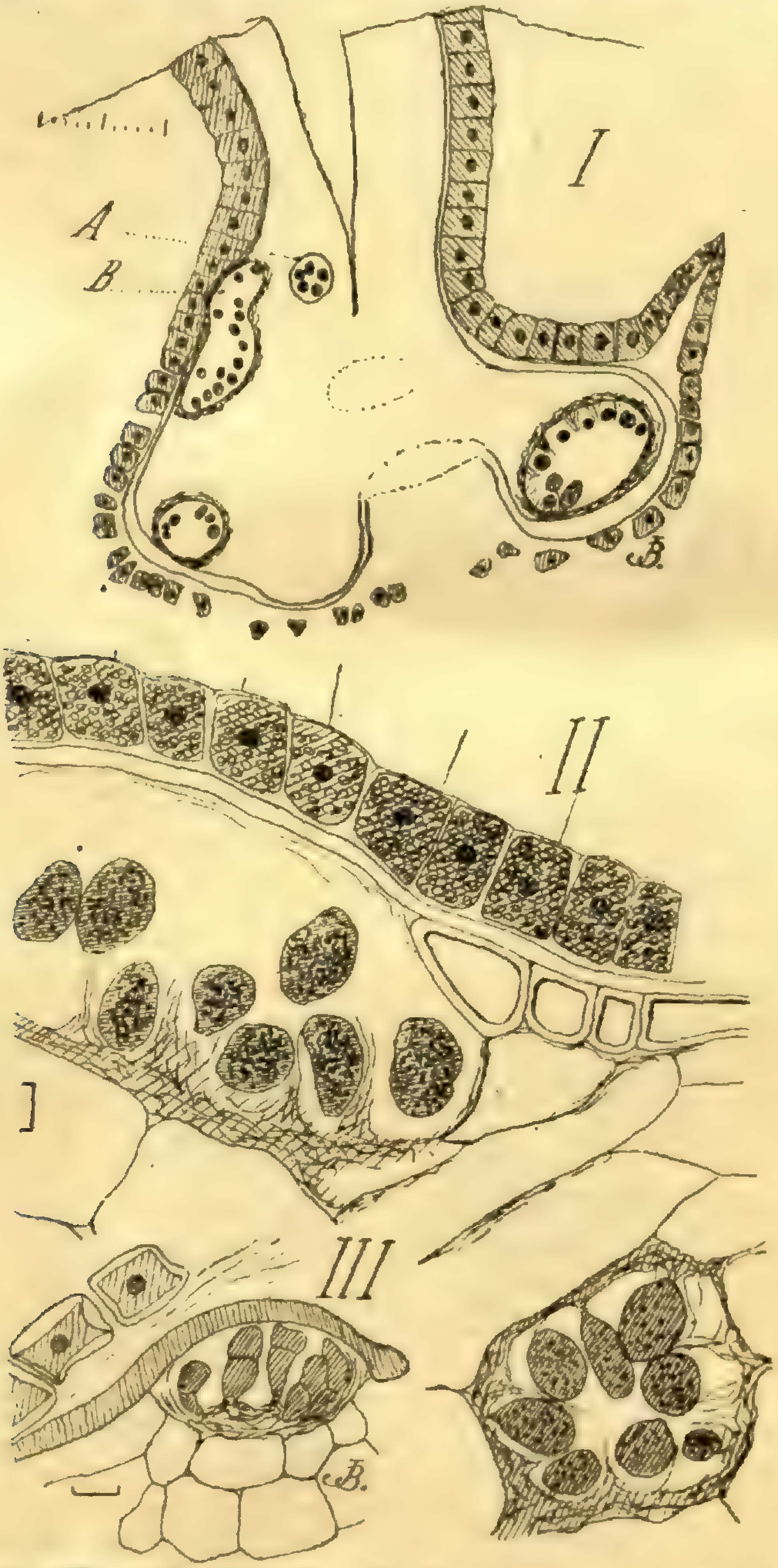


Fig. 4. — Blé. Gr[illegible] de blé [illegible] avec conceptacles fructifères de rouille dans le parenchyme du [illegible]

I. Dessin demi-schématique de la zone environnant le fond du sillon. On y voit quatre conceptacles à urédospores.

II. Dessin de détail de deux sores à urédospores.

III. Dessin de détail d'un conceptacle à téleutospores qui se trouvait dans le parenchyme du sillon du même grain.

Nota. — Il s'agit vraisemblablement du *Puccinia glumarum* ; la membrane des spores, trop jeune, ne présente encore ni l'épaisseur, ni les épines caractéristiques de l'état adulte.

Les divisions des échelles équivalent à 10 μ. Dessins à la chambre claire.

lement de l'adhérence de spores provenant de sores parfois fort étendus tapissant une région plus ou moins importante de la surface interne des glumelles. Ces pseudo-sores sont localisés particulièrement autour du hile (fig. 5, A et B), et alors le rachis portait

Fig. 5. — Blé. A. Grain de Blé portant des paquets d'urédospores *u* et du mycélium *m* à sa surface ; *p*, grains de pollen se distinguant facilement des spores jaunes par leur nuance blanche ; *e*, place de l'embryon ; *c*, cicatrice d'insertion du grain. La localisation des spores s'est faite surtout autour de *c* et au niveau du stigmate. Le mycélium *m* n'appartient pas à la rouille. — On trouve fréquemment encore des paquets de sores au fond du sillon.

B. Embryon un peu ratatiné avec urédospores *u* et mycélium *m*.

C. La glume de l'épillet qui a donné le grain *A* : *u* urédospores, *m*, mycélium.

un sore, ou au fond du sillon dans la région inférieure du grain, ou enfin dans les poils des stigmates (fig. 5, A, u) qui retiennent énergiquement les spores (1). Il ne nous paraît pas douteux que de

(1) Nous avons depuis trouvé de *véritables sores*, s'ouvrant à l'*extérieur* et

telles urédospores restent fixées en plus ou moins grand nombre à la surface du fruit et suivront les vicissitudes de son existence.

On verra que nous ne nous sommes pas encore préoccupé de la destinée de ces spores et nous ne voulons pas préjuger de leur rôle.

Cas de l'Orge commune et du *PUCCINIA GLUMARUM* Répartition et fréquence des germes de Rouille dans la semence Intérêt particulier de ce cas.

Un cas beaucoup plus frappant que celui du Blé est celui de l'Orge. Dans la région dont nous venons de parler, on cultive souvent associés l'Orge et l'Avoine ; on cultive aussi l'Orge seule. Il s'agit de « l'Orge vulgaire ». Dans *tous* les champs d'Orge que nous avons pu examiner d'Ambérieu jusqu'à Lyon (jardin botanique), les grains vêtus portaient des sores jaune de chrome à urédospores, appartenant au *Puccinia glumarum*. Ces sores sont disposés en séries longitudinales, entre les nervures et surtout contre elles (fig. 6) ; ils sont légèrement allongés. Ces sores se produisent à l'intérieur du fruit vêtu, mais on les aperçoit très bien à l'œil nu ou à la loupe, par transparence, grâce à leur couleur jaune. Il est très facile de les voir avant la maturité du fruit car ils se détachent alors en jaune sur fond vert, mais, lorsque le grain est mûr, déshydraté et desséché, jauni sur toute sa surface, il devient impossible à quelqu'un de non prévenu de déceler leur présence par simple examen à l'extérieur. En réalité, ces sores se produisent à la face supérieure ou interne des glumelles, mais, par suite de la soudure de celles-ci avec le péricarpe, ils apparaissent tournés vers l'intérieur du fruit

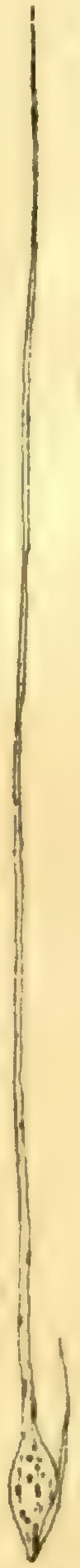


Fig. 6. — Aspect d'un grain d'Orge vulgaire avec sores de *Puccinia glumarum* formant des taches visibles à l'extérieur du grain. Ces taches jaune de chrome se distinguent facilement à l'œil nu tant que le grain est lui-même encore de coloration verdâtre.

présentant des urédospores et des téleutospores, insérés à la base du grain, autour de la cicatrice de son pédoncule. — Il s'agit de blés rouillés provenant de Madagascar, à nous remis par M. Fauchère.

L'espèce de rouille est dans ce cas indubitablement le *Puccinia graminis*.

(fig. 7, 8 A) et font d'ailleurs plus ou moins saillie dans le péricarpe. Le mycélium peut se rencontrer dans diverses régions des glumelles et même du péricarpe proprement dit.

Nous insistons sur la grande fréquence de ces grains contaminés : tous les champs d'orge en présentaient abondamment, la plupart des pieds étaient atteints et dans chaque épi la généralité des fruits portaient des sores. Cependant, un petit semis que nous avions

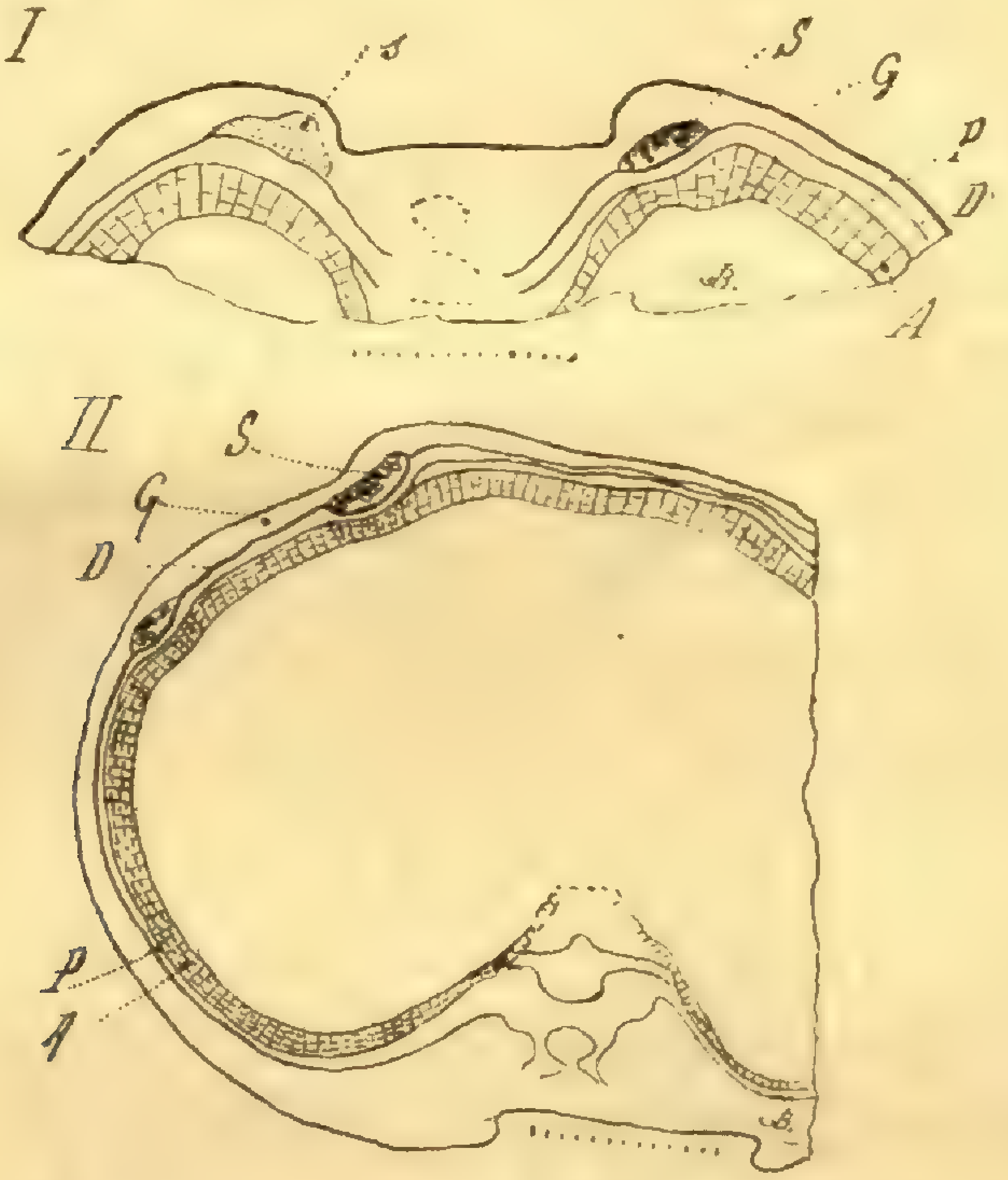


Fig. 7. — Schéma de la coupe transversale de grains d'Orge commune attaqués par le *Puccinia glumarum* : *G*, glumelle ; *P*, péricarpe ; *D*, couche membraneuse de défense ; *A*, zone à aleurone ; *S*, sores à urédospores ; *s*, parenchyme envahi par le stroma du champignon. Dessin à la chambre claire. Chaque division des échelles équivaut à 50 µ.

spécialement effectué l'automne précédent, d'une orge à deux rangs (Orge Chevalier) s'est montré indemne cette année de rouille sur les grains, alors que les champs alentour étaient aussi fortement attaqués que nous venons de le dire. Il y a peut-être là une indication sur le choix des espèces ou variétés dans la lutte contre la rouille. Toutefois notre observation est trop restreinte pour qu'il soit prudent d'en déduire une conclusion.

On nous objectera peut-être que la présence de taches de rouille

de *Puccinia glumarum* dans les glumes et glumelles n'a rien de surprenant, puisque cette espèce peut se rencontrer, par définition, dans ces organes. Sans doute, mais alors nous manifesterons notre

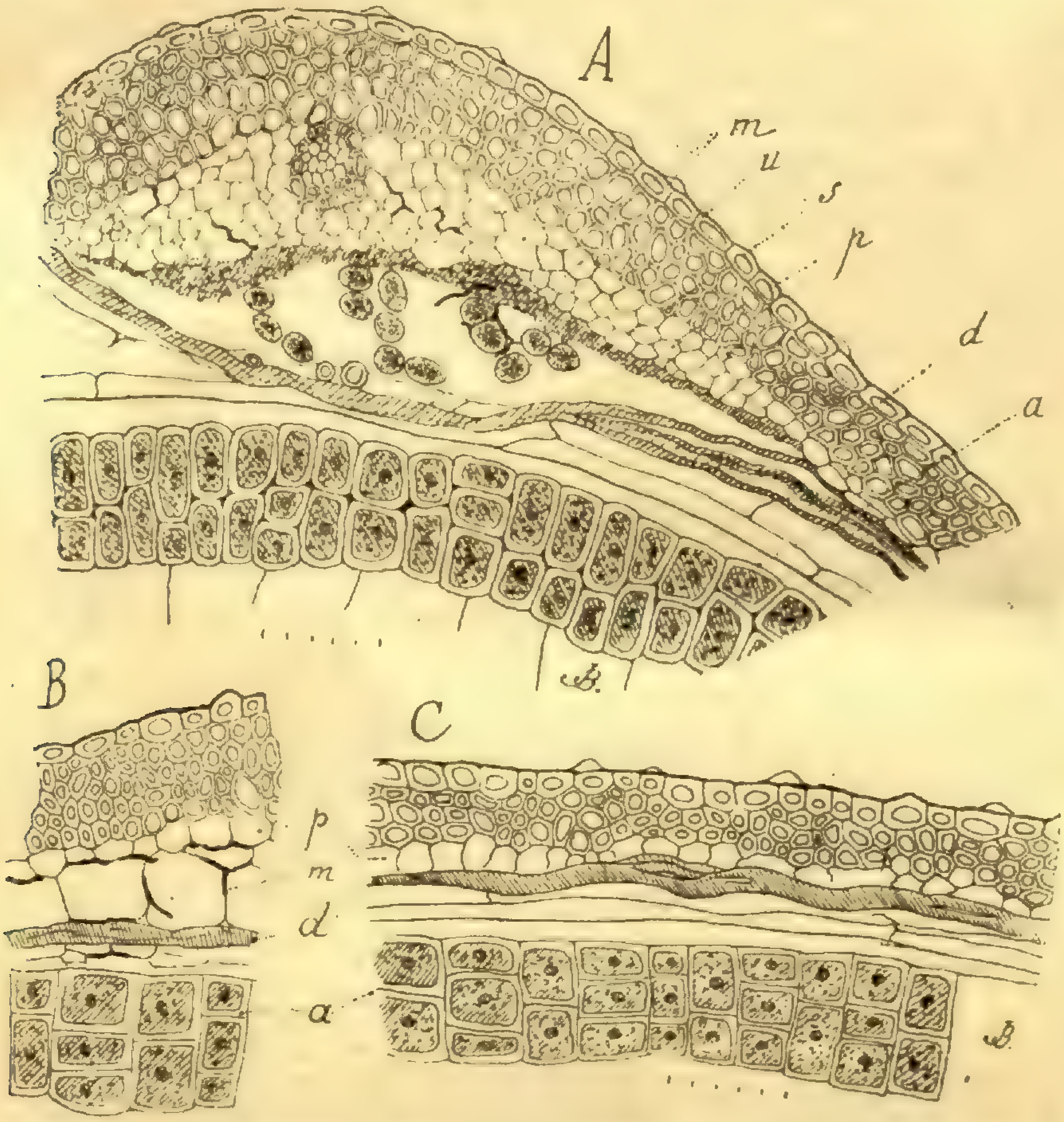


Fig. 8. — Coupe transversale d'un grain vêtu d'Orge commune attaquée par *Puccinia glumarum*. A. La coupe passe par une nervure au-dessous de laquelle se trouve un sore à urédospore ; B, la coupe passe non loin d'une nervure ; on remarque un mycélium intercellulaire ; C, coupe dans une région normale. *m*, mycélium ; *p*. parenchyme ; *s*, stroma produisant les urédospores *u* ; *d*, couches cutinisées épaisses correspondant aux épidermes en contact de la glumelle et du péricarpe (« couche de défense »).

Le mycélium est généralement abondant dans le parenchyme près des nervures, même s'il n'y a pas de sores.

Chambre claire ; chaque division des échelles équivaut à 10 μ.

étonnement que les auteurs n'aient pas considéré l'importance de ces sores au point de vue de la propagation des rouilles : ou bien ils n'en font pas mention, ou bien ils affectent de ne lui accorder aucune importance, comme M. Eriksson, ce qui est inadmissible, sinon après une étude approfondie.

Le BROMUS MOLLIS, les AGROPYRUM. — *Le Bromus mollis* nous

a fourni un cas analogue à celui de l'orge. Nos observations à ce sujet ont été faites sur des échantillons recueillis aux environs de Nancy au début de Juin 1913. Il se produit des sores sur la face *interne* des glumes et surtout des glumelles. Le fruit étant vêtu, celles-ci se soudent de plus en plus fortement avec le péricarpe de telle sorte que les urédospores se trouvent enfermées dans la semence de la Graminée.

Des fruits vêtus d'*Agropyrum caninum repens* récoltés durant l'automne 1913, ont présenté aussi des sores internes formés du côté intérieur des glumelles.

Rôle de la couche membraneuse de défense.

Dans tous les cas de grains de Graminées contaminés par le mycélium de rouille nous avons pu constater que le dit mycélium

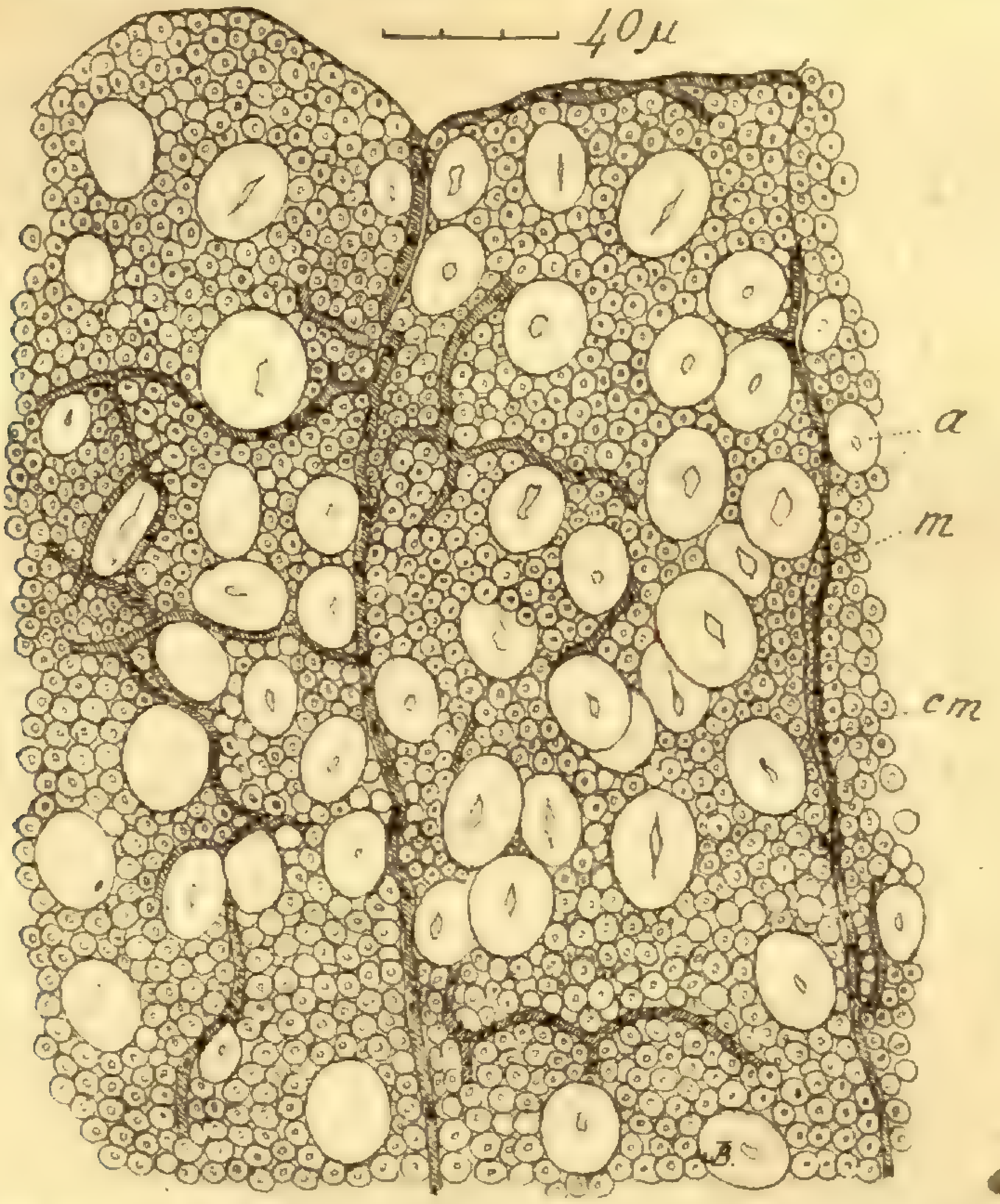


Fig. 9. — Deux cellules de l'albumen d'un grain d'Orge Chevalier appartenant à un pied fortement rouillé. A travers la « couche de défense » fissurée, un mycélium *m* a pu pénétrer dans ce tissu.

La préparation colorée au bleu Unna a permis de reconnaître facilement ce mycélium qui apparaît ponctué de rouge par des corpuscules métachromatiques *c m*; il eût sans doute passé inaperçu sans cette coloration. *a* Amidon.

ne pénètre jamais ni dans l'albumen, ni dans l'embryon. Il paraît arrêté dans sa progression vers ces organes par la couche membraneuse fortement cutinisée et sclérifiée, d'origines diverses, qui recouvre la couche à aleurone dans le cas des fruits nus et par les épidermes contigus de la glumelle et du péricarpe dans le cas des fruits vêtus. Ce n'est que lorsque cette zone membraneuse vient à être rompue par une cause accidentelle, un traumatisme ou peut-être l'action de certaines bactéries, que les bactéries et les mycéliums peuvent pénétrer. C'est ainsi que le hasard de préparations nous a permis d'observer en 1912, un grain d'orge pénétré par un mycélium, comme le montre la figure 9, sans que les grains d'amidon soient aucunement altérés. Ce mycélium était particulièrement localisé le long des parois, sans toutefois présenter exclusivement cette disposition. Nous pensons qu'il s'agit sans doute d'un mycélium de rouille, sans que les conditions qui ont limité notre observation nous permettent de l'affirmer ni de dire, *a fortiori*, de quelle espèce il s'agissait. On peut toutefois tirer une conclusion pratique fort notable du résultat de la rupture de ce que nous pouvons appeler la « zone de défense » du grain : au moment du *battage* des céréales, les grains sont fréquemment blessés, ces blessures peuvent constituer autant de portes d'entrée pour le mycélium dans l'intérieur du grain.

Hypothèse sur la transmission des Rouilles d'une année à l'autre à l'aide des germes renfermés dans les semences.

Nous pouvons, dès aujourd'hui, formuler l'hypothèse de la transmission des rouilles d'une année à l'autre à l'aide des germes renfermés dans les semences de Graminées, hypothèse que nous espérons être bientôt en mesure de remplacer par des faits. Nous pouvons dès maintenant faire valoir les raisons qui paraissent légitimer l'hypothèse que nous formulons et qui justifient la poursuite d'expériences destinées à en assurer la vérification (1).

A priori il ne serait pas déplacé d'affirmer cette transmission,

(1) Au moment de la publication de ce travail auront paru les résultats de nos premières expériences ; si ces résultats ne confirment pas l'hypothèse, du moins ne l'infirment-ils pas et il y a lieu de poursuivre l'étude expérimentale de cette importante question : c'est ce que nous faisons.

puisqu'on a démontré déjà la possibilité pour des urédospores et pour le mycélium de passer l'hiver. Il s'agit ici d'urédospores plus ou moins libres et exposées à toutes les causes de destruction ou de germination prématurée rendant plus facile encore leur destruction. Si quelques-unes de ces spores peuvent résister à l'hiver, à plus forte raison, nous semble-t-il, celles qui sont protégées dans l'intérieur du grain et qui bénéficient de toutes les conditions de conservation qui sont la raison d'être de celui-ci. En même temps que le grain se déshydrate et passe à l'état de vie ralentie, les urédospores ne peuvent-elles subir les mêmes conditions et passer aussi à l'état de vie ralentie? (1) Il n'y aurait pas jusqu'aux circonstances artificielles que crée l'homme qui viendraient favoriser cette conservation : les grains sont, en effet, transportés dans des granges où ils sont à l'abri de l'eau qui les ferait germer ou pourrir ; ils se conservent secs et, par suite, les spores doivent se conserver de même. A l'air libre l'eau ferait germer ces grains, et la pourriture des enveloppes libérerait les spores incluses par destruction des parois et les placerait au contact immédiat du milieu extérieur avec tous ses agents de destruction.

Il paraît donc assez vraisemblable, d'après ce que l'on sait déjà de la possibilité de la pérennité des urédospores et du mycélium, que les semences propagent les rouilles d'une année à l'autre. Toutefois, et surtout lorsqu'il s'agit d'une question ayant l'importance pratique de celle que nous envisageons, il ne faut pas s'en tenir à un *à priori*, mais bien passer l'hypothèse au crible de la méthode expérimentale.

Pour vérifier cette hypothèse, nous pouvons prévoir deux procédés de contamination au printemps par les organes de rouille pérennants dans la graine :

A) le mycélium et les spores contaminent la plantule au moment de la germination en pénétrant dans *l'intérieur* de l'embryon. Ce serait un mode de contamination intraséminal à la façon de ce qui se passe pour l'endophyte du *Lolium temulentum*, par exemple.

B) Les spores (sans parler du mycélium plus difficile à considérer) sont libérées dans le milieu extérieur au moment de la germination de la graine, par l'action des bactéries dissociantes qui

(1) Nous avons pensé depuis, en présence de l'énorme quantité d'urédospores, vides et mortes, trouvées dans les grains en février et mars, que cette déshydration pourrait bien être au contraire la cause d'une hécatombe de ces spores.

agissent à ce moment ; elles sont dispersées par les procédés usuels (vent, insectes, etc.) et contaminent les jeunes plantules *par l'extérieur* (1) ; après la période d'incubation se produirait la première éruption manifeste de pustules. C'est dans ce cas une contamination *par l'extérieur*, conforme au schéma classique et généralement admis (2).

Nous avons d'abord entrepris des expériences dans le but de vérifier la première hypothèse, nous ne les décrirons pas ici. Si nombreuses qu'elles aient été, elles ne nous ont fourni encore que des résultats incertains et insuffisants, et, si nous avons pu trouver du mycélium dans la gemmule (fig. 10), comme Pritchard, nous sommes loin d'être assuré que ce mycélium soit bien un mycélium de rouille, nous pensons plutôt qu'il s'agit d'un mycélium de quelque « noir ».

Fig. 10. — *Blé d'Australie.* Début de la germination d'une graine, inoculée au niveau de blessures avec des urédospores de rouille développées sur pieds de même espèce. On constate la présence de mycélium *m*, dans la gemmule, mais il s'agit certainement d'autre mycelium que celui de rouille ; il s'est introduit à la faveur des blessures pratiquées artificiellement. Préparation colorée au Bleu Unna.

Nous croyons la deuxième hypothèse beaucoup plus vraisemblable, et nous espérons que, grâce à l'ample provision de grains d'orge avec sores que nous avons recueillie, nous pourrons trancher facilement la question au printemps prochain. En effet, ces grains d'orge constituent un matériel de choix : tandis qu'on ne peut être assuré qu'un grain de blé contient des sores qu'après l'avoir sectionné et par

(1) Nous avons observé depuis qu'il n'est pas nécessaire de recourir à l'hypothèse de la décomposition des enveloppes, au moins pour les fruits vêtus : dans le cas de l'orge, par exemple, au moment de la germination, la gemmule s'insinue entre la glumelle adhérente et le péricarpe, les désunit en *traversant des sores à uredo ;* elle s'échappe à la hauteur du stigmate, non sans avoir déchiré les enveloppes et entraîné des spores sur elle. Ce pourrait être une réponse à l'objection de M. Eriksson que ces spores internes sont vouées à l'inefficacité parce qu'elles ne verront jamais le jour.

(2) Nous savons qu'il peut exister d'autres modes de pérennité des rouilles en dehors du rôle que paraissent jouer les semences, notamment par production d'urédo

conséquent altéré, nos grains d'orge laissent voir extérieurement s'ils renferment ou non des sores. Il suffira au printemps d'ouvrir ceux-ci, d'ensemencer en cellules les spores appartenant à des grains ayant subi des conditions différentes et de constater si oui ou non les spores qu'ils renferment sont encore vivantes et capables de germer, c'est-à-dire si oui ou non la graine de Graminée a assuré la transmission de la rouille d'une année à l'autre (1).

En résumé, chez beaucoup de Graminées cultivées ou sauvages, on peut trouver dans le fruit des sores à urédospores et à téleutospores de rouille ou du mycélium. Si le grain est vêtu, ces sores se produisent sur la face interne des glumelles adhérentes et font plus ou moins saillie dans le péricarpe contigu; si le grain est nu, les sores se forment dans le péricarpe et le plus souvent dans le parenchyme du sillon. Ces sores ne sont pas exceptionnels dans les semences et ils peuvent être très fréquents chez certaines espèces. Nous avons notamment constaté leur généralité sur l'Orge commune (*Puccinia glumarum*); certaines Graminées sauvages telles que le *Brachypodium pinnatum*, le *Bromus mollis*, les *Agropyrum*, etc. pourraient fournir de bons exemples concernant d'autres espèces de rouilles. La fréquence de la contamination des semences de Blé est plus difficile à reconnaître, toutefois elle paraît notable (*Puccinia graminis*, détermination nette dans quelques cas). Nous signalons, en outre, la fréquence de paquets d'urédospores à la surface des grains de Blé, urédospores provenant des sores des glumelles et assez fortement retenues par les poils du stigmate ou dans la profondeur du sillon.

Après avoir mentionné le rôle de la « couche de défense » et les effets de ses lésions (telles que celles qui se produisent au « battage »), nous indiquons la vraisemblance de l'hypothèse de la conservation de la rouille d'une année à l'autre dans l'intérieur des grains grâce aux conditions particulières qu'elle y trouve. Ces conditions

sur les feuilles vivantes des céréales d'automne qui persistent à travers l'hiver (sans parler des probasides et des hôtes æcidiens). Nous reviendrons ailleurs sur cette question.

(1) Trop confiant dans le résultat final nous n'avons fait des expériences de germination que fin février, commencement mars, alors qu'il eût fallu suivre le sort de la faculté germinative dès l'apparition des spores internes. C'est ce que nous ferons ultérieurement.

semblent devoir être bien plus efficaces que celles indiquées par les auteurs pour des urédospores se conservant vivantes, à l'air libre, d'une année à l'autre (1).

Nous formulons diverses hypothèses sur la manière dont peut s'effectuer la contamination de la plantule à l'aide de ces germes. Nous retenons surtout celle de la dissémination des spores au printemps à la suite de la décomposition ou de la déchirure des parois du péricarpe ou des enveloppes du fruit en train de germer.

Nous indiquons enfin par quelles expériences nous espérons pouvoir trancher la question au printemps prochain à l'aide du matériel de choix que constituent les grains vêtus de l'Orge vulgaire avec sores, extérieurement visibles, du *Puccinia glumarum*, expériences qui consisteront surtout à constater si les spores possèdent encore leur faculté germinative.

(1) Voir notre restriction, renvois pages 11, 23, 24.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU PIÉTIN DES CÉRÉALES

PENDANT L'ANNÉE 1913

par M. Pierre BERTHAULT

Docteur ès sciences.

La maladie des céréales désignée vulgairement sous le nom de *Piétin* ou de *Pied noir* cause à l'Agriculture française depuis de longues années déjà des pertes importantes. Elle ne semble, d'après Heuzé, n'avoir été connue en France qu'à partir du milieu du XIXe siècle. Jusqu'à l'enquête qu'organisa en 1878 la Société nationale d'Agriculture de France pour préciser les causes du mal, les praticiens paraissent en outre avoir souvent confondu le Piétin avec la Rouille des céréales.

En 1878, dans le rapport qu'il présentait à la *Société nationale d'Agriculture* (1), Pluchet indiquait très nettement, le premier, les caractères extérieurs de la maladie, la distinguant bien ainsi de la Rouille, mais il laissait imprécises les causes de cette grave altération des blés.

C'est à Prillieux et Delacroix que sont dues les premières observations botaniques et la mise en évidence de la nature parasitaire du mal. En 1890, ces deux phytopathologistes indiquèrent en effet, après des observations qu'ils avaient pu faire sur des blés provenant de Seine-et-Oise, que la maladie du pied noir des céréales était due au parasitisme de l'*Ophiobolus Graminis* Sacc (2). Ce champignon,

(1) *Bull. Soc. nat. d'Agr. de France*, — Tome 38, 1878, p. 368.

(2) *Bull. Soc. Mycol. de France*, — 1890, p. 110.

d'après les observations de Prillieux et de Delacroix, envahirait la base des pailles à l'époque de la moisson et ne formerait ses organes de reproduction que dans le courant de l'hiver.

Une série de travaux plus récents de Mangin (1) ont apporté sur la maladie du Piétin des données nouvelles, mais contredisant sur certains points les observations de Prillieux et Delacroix. Après avoir établi la liste des divers champignons que l'on observe sur les blés atteints de Piétin, et parmi lesquels les plus fréquents étaient, pour les blés récoltés dans les cultures de Brandin en Seine-et-Marne, l'*Ophiobolus Graminis* Sacc, le *Leptosphæria herpotrichoïdes* de Not, le *Pyrenophora trichostoma*, et une série d'espèces à fructifications imparfaites ou indéterminables, notamment les *Dictiosporium, Coniosporium* et *Aspergillus circinatus*, Mangin a essayé sur des blés cultivés en pots des inoculations artificielles et a conclu de celles-ci à l'action prédominante dans le Piétin du blé du *Leptosphæria*, l'*Ophiobolus Graminis* n'ayant dans la maladie qu'un rôle secondaire ou nul.

Depuis lors, à la suite de nouvelles recherches, Delacroix (2) maintint toutefois le bien fondé des conclusions qu'il avait précédemment présentées en collaboration avec Prillieux, tandis que Fron, dans son mémoire sur le pied noir des céréales, indique avoir toujours constaté sur les chaumes atteints la présence du *Leptosphæria herpotrichoïdes*, l'*Ophiobolus Graminis* n'étant sur les blés qu'il étudiait que très rare et n'ayant pu être observé par lui qu'une seule fois, en Avril, sur des chaumes récoltés l'automne précédent.

Enfin, au cours de cette année, Ernst Voges (3) en Allemagne, reprenant les observations et les conclusions de Frank (4), de Hiltner (5) et de Krüger (6) donnait à l'*Ophiobolus herpotrichus* Fries un rôle prédominant et indiquait que c'est sur des blés ayant souffert de l'hiver que la maladie sévissait surtout, observation qui me paraît, étant donné ce que l'on constate en France, tout à fait

(1) *Bull. Soc. Mycol. de France*, — 1899, p. 210.

(2) *Bull. de la Soc. Mycol. de France.*

(3) *Zeitschrift für Gärungsphysiologie.* — Juin 1913, p. 43.

(4) *Deutsche landw. Presse.* — 1894.

(5) *Sachs. landw. Zeitung.* — 1894.

(6) *Untersuchungen über die Fusskrankheiten des Getreides.* — 1908.

contestable. Enfin des observations toutes récentes de Prunet (1) montrent la fréquence de l'*Ophiobolus herpotrichus* Fries sur les blés de la région toulousaine atteints par le Piétin.

Comme on le voit, la question du Piétin du blé, malgré la littérature abondante qui s'y rapporte aujourd'hui et malgré les travaux de nombreux botanistes, reste très discutée. Elle a cependant pour l'Agriculture, et surtout dans un pays gros producteur de céréales comme la France, un intérêt économique considérable, si l'on veut bien retenir qu'on peut évaluer la perte qu'elle a fait subir aux cultivateurs de Blé en France à 15 0/0 environ de la récolte et qu'elle nous a privés ainsi cette année de 13 millions de quintaux de blé environ, diminuant ainsi la richesse nationale de près de 325 millions de francs.

J'ai pu cette année, grâce au bienveillant concours de la Société des Agriculteurs de France, examiner un bon nombre de chaumes provenant de diverses régions où le mal sévissait, à l'effet de préciser un peu nos connaissances sur la maladie du pied noir, et ce sont ces observations préliminaires sur les causes vraisemblables du mal que je me contenterai actuellement de présenter ici.

La plupart des échantillons que j'ai pu examiner provenaient de la région parisienne, des plaines du Nord et de l'Est, 2 seulement venaient de l'Indre et de la Dordogne et 2 de la Vallée de la Garonne (région toulousaine).

Au moment de la récolte, je n'ai pu observer sur aucun de ces échantillons de périthèces de *Leptosphæria herpotrichoïdes* (2), dont le mycélium bien caractérisé par ses ampoules perforatrices souvent réunies en plaques et formant contre le chaume un faux parenchyme était pourtant fréquent. Par contre, l'*Ophiobolus Graminis* était abondant, et très souvent fructifié. Des périthèces bien mûrs étaient ainsi très fréquents cette année dés le début de Juillet sur les blés que m'adressait de l'Indre M. de Vasson et j'en trouvais à la fin du même mois émettant leurs ascospores sur des blés que je récoltais à Trappes chez M. Camille Pluchet, et dans la plaine de Lieusaint chez M. Bonfils.

(1) C. R. Acad. des Sciences. — Nov. 1913.

(2) *Le Leptosphæria herpotrichoïdes* a cette année mûri cependant dès l'été des fructifications, et M. Et. Foex a bien voulu m'indiquer qu'il avait constaté la présence de périthèces de cette espèce dès le début de Juillet.

Sur aucun des échantillons que j'ai examinés je n'ai rencontré l'*Ophiobolus herpotrichus* signalé par Prunet, mais les chaumes récoltés par les correspondants qui me les adressaient pouvaient être indemnes de ce parasite sans que je puisse en inférer que celui-ci était absent des cultures considérées. Du reste, dans sa note récente, Prunet indique que ce champignon développe ses périthèces en hiver et les échantillons, qui proviennent d'Ondes et de St. Jory et que je dois à l'obligeance de MM. Duchein et Rouart, chez lesquels M. Prunet a constaté la présence de l'*Ophiobolus herpotrichus*, peuvent développer encore les fructifications que je n'ai pas eu l'occasion de rencontrer jusqu'ici. Sur les blés provenant de la région toulousaine je n'ai pas eu l'occasion de trouver de périthèces. Les plaques mycéliennes qui recouvraient les chaumes avaient tous les caractères de celles du *Leptosphæria herpotrichoïdes* et les pailles laissées dans des vases avec de la terre humide se sont couvertes en Octobre de fructifications conidiennes de *Dictiosporium*.

L'émission des spores du *Leptosphæria herpotrichoïdes* et de l'*Ophiobolus Graminis* ainsi que leur germination ont été précédemment décrites par Mangin dont j'ai pu vérifier toutes les descriptions. Les coupes réalisées dans les périthèces étaient examinées dans une goutte d'eau, et après identification du champignon, mises dans une cellule de verre remplie de bouillon de paille de blé. J'ai pu constater ainsi dès le 3 Août la germination facile des spores d'*Ophiobolus Graminis*, par production de sporidies. Le mycélium développé à la suite de ces germinations est beaucoup plus grêle que celui que l'on trouve normalement dans les tissus du blé contaminé et sur les plaques mycéliennes qui revêtent les chaumes atteints. Presque incolore au début de son développement il ne dépasse pas 1 μ de largeur. Il s'étale sur les milieux de culture, et au bout de 3 à 5 semaines prend nettement la teinte brun foncé qu'il possède sur les blés qu'il parasite. La germination des spores a lieu parfois, ainsi que j'ai pu le constater, à l'intérieur même des périthèces.

Je n'ai pu constater qu'assez tard en saison (23 octobre) la présence de périthèces mûrs de *Leptosphæria herpotrichoïdes*. Mangin, puis Fron ont bien décrit ces fructifications en forme de cornue avec un col conique, droit ou légèrement courbé, couvert de villosités plus ou moins nombreuses, et laissant à maturité passer par l'ostiole un cordon mucilagineux qui entraîne les ascospores, qui germent

très facilement, et donnent, sur gélose au bouillon de blé, des cultures mycéliennes de tous points comparables à celles obtenues avec l'*Ophiobolus Graminis*.

Quant aux formes conidiennes, décrites assez nombreuses sur ces blés atteints, elles ne paraissent se développer qu'après la moisson. J'ai trouvé sur place dans les champs dans lesquels les chaumes de blé étaient demeurés le *Dictiosporium* en très grande abondance dans les cultures de M. Duval à Nampteuil-sous-Muret (Aisne), je l'ai rencontré également sur des chaumes laissés en milieu humide au laboratoire, et qui provenaient des cultures de M. Rouart à St. Jory (Hte-Garonne) où M. Prunet a constaté par contre la présence de l'*Ophiobolus herpotrichus*. L'*Aspergillus Circinatus* ne s'est trouvé qu'une fois sur les échantillons dont je disposais. Ceux-ci provenaient du département de l'Aisne.

Enfin il convient d'ajouter à toute cette énumération de parasites divers, rencontrés sur les blés atteints de Piétin, plusieurs espèces du genre *Fusarium*. Le *F. rubiginosum*, par exemple, était presque toujours présent sur les blés examinés et il est très possible que son rôle dans les phénomènes de dépérissement des blés piétinés ne soit pas négligeable. On serait conduit à considérer ainsi dans le Piétin des céréales une double altération se ramenant à l'attaque de Champignons comme les *Ophiobolus* et le *Leptosphæria* d'une part, et à celle de divers *Fusarium* d'autre part.

Sans vouloir conclure de ces quelques constatations au rôle et à l'importance relatives de ces divers champignons dans le Piétin du blé, on peut cependant dégager des faits observés cette année que, étant donnée leur fréquence, seuls l'*Ophiobolus Graminis* et le *Leptosphæria herpotrichoïdes* d'une part, et divers *Fusarium* d'autre part, paraissent être en cause pour déterminer dans la région du Nord au moins le Piétin du Blé, et que le *Leptosphæria herpotrichoïdes* existe également sur des blés atteints dans la région de la Garonne (échantillons reçus de M. Rouart).

Enfin, quel que soit le champignon incriminé, *Ophiobolus* ou *Leptosphæria*, l'émission des spores commence toujours de bonne heure en saison, et aussi bien pour l'*Ophiobolus* que pour le *Leptosphæria* elle est déjà commencée à l'époque des semailles du blé.

Il semble donc que ce soit pour l'un, comme pour l'autre de ces champignons, au début de sa période végétative que le blé se contamine. Du reste, j'ai pu déjà (27 Décembre) constater sur des blés semés au début de Novembre sur des terres ayant porté en 1913 des blés contaminés, la présence au collet de la plante de plaques mycéliennes avec les ampoules perforatrices du *Leptosphæria herpotrichoïdes*. C'est donc bien dans la période qui suit la germination que se fait la contamination du blé, et si l'on ne constate généralement le champignon dans les cultures qu'assez tard en saison (fin Mai ou début de Juin), celui-ci est cependant de très bonne heure hospitalisé par le blé.

On peut déjà, semble-t-il, dégager de ces observations quelques conclusions pratiques relatives au traitement possible à opposer au parasite. L'émission de spores dès le mois de Juillet et la formation avant les semailles de fructifications d'*Ophiobolus* et de *Leptosphæria* pourraient être combattues, semble-t-il, par l'épandage sur les éteules de bouillies cupriques auxquelles ces champignons sont très sensibles. On pourrait ainsi, semble-t-il, en désinfectant par une bouillie cuprique les chaumes atteints, que les labours enfouissent dans le sol, et qui assurent la contamination de récoltes ultérieures, préserver du Piétin, dans une notable proportion, les blés à venir.

Travail fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.

L'*ŒNOTHERA LAMARCKIANA* SERINGE
ET LES ŒNOTHÈRES
DE LA FORÊT DE FONTAINEBLEAU

Par M. Louis BLARINGHEM

Professeur au Conservatoire des Arts-et-Métiers.

Le nouvel ouvrage de M. Hugo de Vries sur les mutations en groupes dans le genre *Œnothera* [**1**], des discussions récentes sur la comparaison des espèces américaines et des espèces européennes du groupe des *Euœnothera* [**2**], des recherches nombreuses sur l'extension de l'espèce *Œ. Lamarckiana* tant dans sa patrie d'origine qu'en Europe, donnent à la question de la diagnose et de la dénomination exactes des Onagres un intérêt de grande actualité. En rédigeant ce mémoire, je désire surtout remercier M. G. Bonnier de l'hospitalité qu'il m'a offerte au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau pour y faire l'étude des Œnothères de la plaine de Samois, étude si compliquée qu'après quatre années (1903 à 1906) d'examen et de cultures, il n'a pas été possible de résumer les faits observés sous une forme condensée. Je désire aussi retenir l'attention des botanistes sur l'intérêt que présente l'étude des stations françaises d'Œnothères, actuelles et disparues.

Il s'agit de chercher si l'espèce mutante la mieux étudiée, l'*Œnothera Lamarckiana* Seringe, a existé au cours du siècle dernier et existe encore à l'état spontané en France, de chercher aussi parmi les *Œnothera biennis* Linné et *Œnothera suaveolens* Desfon-

taines, assez répandues actuellement dans notre pays, les formes, les espèces élémentaires et les hybrides qui peuvent apporter quelques arguments pour ou contre l'hypothèse d'une *mutabilité générale* dans le groupe des *Euœnothera*.

Il paraît nécessaire de faire un relevé statistique de toutes les stations facilement accessibles de ces espèces, d'indiquer les localités visitées au cours des diverses herborisations et aussi d'examiner de nouveau les échantillons des anciens herbiers pour s'assurer que les dénominations données autrefois correspondent bien aux diagnoses adoptées actuellement par les nombreux botanistes qui étudient les Œnothères de l'Amérique septentrionale [**3**], de l'Angleterre [**4**], de la Hollande [**5**]. Cette collaboration au travail de reconstitution historique de la géographie des Œnothères s'impose d'autant plus aux botanistes français que les diagnoses les plus importantes et les plus sûres ont été fournies par leurs compatriotes, qu'ils en trouveront des exposés dans des ouvrages assez répandus et publiés dans notre langue, que l'herbier du Muséum d'histoire naturelle de Paris possède presque tous les documents secs dignes d'intérêt.

La plupart des flores françaises n'indiquent comme bonne espèce que l'*Œnothera biennis* L. ; il en existe cependant un bon nombre d'autres, à caractères bien définis, dont la connaissance exige sans doute une certaine habitude, que la plupart de nos collègues possèdent d'ailleurs. De nombreuses épreuves culturales, réalisées tant en Europe qu'en Amérique, ont établi non seulement la fixité des espèces dérivées de l'*Œnothera Lamarckiana*, de mutantes distinctes même par le nombre des chromosomes telles que les *Œnothera gigas* et *Œ. semigigas ;* elles ont prouvé aussi que des lignées autofécondées de l'*Œnothera biennis* L. type, de l'*Œnothera muricata* L. sont capables de fournir des mutantes analogues, d'où la conception d'une formation actuelle d'espèces par groupes, exposée avec tant de preuves par M. Hugo de Vries dans son récent ouvrage *Gruppenweise Artbildung* (1913).

L'étude statistique que je souhaite provoquer en France doit avoir, entre autres résultats, celui de faire connaître les localités où l'on a des chances d'observer sur place cette pulvérisation actuelle des espèces, délimitées et admises comme homogènes par les anciens botanistes.

* * *

L'*Encyclopédie méthodique* [6] de Lamarck et Poiret fournit un point de départ fort précieux pour une semblable étude; les diagnoses y sont complètes et correspondent en fait à des échantillons de l'herbier du Muséum de Paris, à ceux de Lamarck et à ceux de l'Abbé Pourret en particulier. Il est donc intéressant d'en donner un extrait concernant les espèces qu'on doit probablement trouver en France à l'état spontané, c'est-à-dire les diagnoses d'*Œnothera biennis* Linné, *d'Œnothera parviflora* Linné, d'*Œnothera muricata* Linné, d'*Œnothera grandiflora* Lamarck.

Descriptions données par Poiret

1. Onagraire bisannuelle. *Ænothera biennis.* Lin. *Ænothera foliis ovato-lanceolatis, planis, caule muricato-villoso.*

Ses racines sont assez fortes, charnues, fibreuses; elles poussent une tige haute de trois à quatre pieds, cylindrique, creuse, velue, un peu rameuse vers le sommet; les feuilles sont ovales-lancéolées, alternes, légèrement dentées en leurs bords, un peu ciliées, remarquables par une nervure blanche qui les traverse dans leur longueur. Les fleurs naissent dans l'aisselle des feuilles, vers l'extrémité des branches. Elles sont sessiles, solitaires, composées d'un calice dont le tube est long, étroit, à quatre divisions longues, lancéolées, aiguës et rabattues en dehors, d'une corolle à quatre pétales jaunes de la même longueur que les divisions du calice. Ils sont entiers, arrondis, à peine crénelés, quelquefois un peu échancrés. Il y a huit étamines insérées sur le calice. Le fruit est une capsule sessile plus courte que le tube du calice, légèrement velue, obtuse et comme tronquée à son sommet, à quatre loges polyspermes. Cette plante croît naturellement en Amérique, dans la Virginie et au Canada. Elle a été transportée en Europe l'an 1614. Depuis, elle s'y est tellement multipliée sans culture, qu'aujourd'hui on peut la regarder comme naturalisée. On la trouve en Suisse, en Allemagne, en France. Le C. Martin, médecin à Laon, l'a observée dans les environs de cette commune. Sa racine est bisannuelle. ♂. *(V. v.)*

2. Onagraire à petites fleurs. *Ænothera parviflora.* Lin. *Ænothera foliis ovato-lanceolatis, planis; caule lævi subvilloso; capsulis ovatis, ventricolis.*

Cette plante diffère bien peu de la précédente; les caractères qui l'en distinguent le plus consistent dans ses tiges lisses, à peine velues, et point hérissées de poils rudes comme la précédente; dans ses fleurs beaucoup plus petites, et dans ses capsules plus courtes, ovales, renflées, presque coniques, tandis que dans l'*Ænothera biennis* elles sont plus longues, plus étroites, point renflées, partout de la même grosseur.

Cette plante s'élève à la hauteur de deux ou trois pieds sur une tige cylindrique, droite, un peu rameuse, assez souvent rougeâtre, très peu velue. Elle se divise en plusieurs rameaux garnis de feuilles ovales, lancéolées, presque sinuées sur les bords, légèrement dentées et ciliées; sessiles ou simplement rétrécies en pétiole à leur base; une légère teinte de rouge domine dans les principales nervures des feuilles. Les fleurs sont jaunes, axillaires, situées le long des rameaux, sessiles, munies d'un calice à quatre divisions à l'extrémité du tube, chacune desquelles est terminée par une dent presque sétacée. Les pétales sont de même forme, mais de moitié plus petits que dans l'espèce précédente. La capsule est presque glabre, plus courte què le tube du calice, de forme ovale, renflée, rétrécie en cône vers son sommet qui est couronné par un bourrelet divisé en quatre; chacune de ces divisions est encore légèrement échancrée. Cette plante est originaire de l'Amérique septentrionale. On la cultive au jardin du Muséum d'histoire naturelle. Sa racine est aussi bisannuelle. ♂. *(V. v.)*

3. Onagraire hérissée. *Ænothera muricata.* Lin. *Ænothera foliis lanceolatis, planis ; caule purpurascente muricato.*

Cette espèce a encore beaucoup de rapports avec les deux précédentes; peut-être même, ces deux dernières espèces ne sont-elles que des variétés l'une de l'autre; opinion pour laquelle je pencherais d'autant plus volontiers que ces plantes sont toutes deux originaires de l'Amérique septentrionale.

Quoiqu'il en soit, celle dont il est ici question n'a pas ses tiges rouges comme la précédente, mais seulement couvertes de points rouges hérissés de poils. Ses feuilles sont alternes, sessiles, ovales-lancéolées, rétrécies à leurs deux extrémités. Les fleurs sont axillaires, sessiles, d'un jaune pâle, du double plus petites que dans l'espèce précédente ; les pétales sont échancrés; les étamines au moins aussi longues que la corolle. La silique est divisée à son orifice en quatre parties ; mais chacune d'elles est entière et point bifide, comme dans l'Onagraire à petites fleurs. Cette espèce croît naturellement au Canada. On la cultive au jardin du Muséum d'Histoire naturelle. »

Comme le fait remarquer Poiret, ces trois espèces sont très voisines les unes des autres; elles constituent de bonnes espèces élémentaires du groupe *Œ. biennis*, les seules, à ma connaissance, dont l'existence à l'état spontané en France soit certaine. L'*Œnothera muricata* aurait été assez abondante vers 1850 dans les Vosges d'après Kirschleger [**7**], et rare dans la vallée de la Loire d'après Boreau [**8**] ; Grenier et Godron [**9**] l'indiquent comme assez commune sur les bords des rivières en Alsace, en Lorraine, dans la Nièvre.

Il n'est pas question dans nos flores locales de l'*Œnothera par-*

viflora Linné, qu'il ne faut pas confondre avec *Œ. parviflora* Gmelin sans doute équivalente à l'*Œ. muricata* de Linné.

Or, dans mes études de la station de Samois, sur les confins Nord-Ouest de la forêt de Fontainebleau, j'ai isolé un type qui répond, par quelques caractères, assez exactement à l'espèce *parviflora* de Linné. C'est une plante à fleurs jaune franc, plutôt petites, même pour un *biennis*, puisque les pétales dans leur plus grand développement ne dépassent guère le tiers de la longueur du tube du calice ; les filets des étamines assez longs cessent de croître lorsque les anthères arrivent au niveau des stigmates et s'ouvrent dans le bouton floral (caractère des *Œ. biennis)*; les fruits courts et épais à la base sont relativement rugueux, en partie à cause de poils épais et clairsemés à leur surface, en partie à cause de l'irrégularité de croissance des tissus charnus des valves du fruit qui sont légèrement tuméfiées.

Les dimensions extrêmes des fleurs sont :

Pour la plus grande, notée à Samois en juillet, pendant trois années d'observation : 78 millimètres, dont 14 pour l'ovaire, 33 pour le tube calicinal, 31 pour les pétales cordiformes, dont les bords se recouvrent à peine ; les parties libres des sépales ont 33 millimètres dont 3 de pointes divergentes, lorsque la fleur est encore en bouton. A l'épanouissement, et pour cette fleur particulièrement bien développée, les filets des étamines ont de 17 à 19 millimètres ; les anthères ouvertes, de 8-9 millimètres de longueur, forment une couronne au niveau des 4-5 stigmates étalés (dans cette fleur, et assez souvent, j'ai trouvé 2 stigmates soudés à leur base et 3 stigmates libres).

Les dimensions minima d'une fleur épanouie tard à l'automne sont : 32 millimètres dont 10 pour l'ovaire, 12 pour le tube calicinal et 10 pour les pétales étalés, dont la forme en cœur renversé est encore accentuée par la profondeur de l'échancrure médiane.

Les dimensions extrêmes des fruits oscillent entre 32 et 17 millimètres pour la longueur, entre 9 et 4 millimètres d'épaisseur à la base ; ils ont nettement la forme d'un tronc de pyramide à 4 ou même 5 faces assez souvent. Tous ces caractères joints à celui de la fécondation dans le bouton ne laissent aucun doute sur la parenté de cette forme avec le *biennis* type.

La vigueur en est remarquable. A Samois, dans le taillis où la

variété fut découverte en 1903, j'ai trouvé de nombreux individus dont la taille dépassait deux mètres, la plupart à tiges tordues, terminées par de légères fascies, et le plus souvent, très peu ramifiées. Les individus de taille inférieure à 1 mètre étaient fort rares et leur tige principale, étalée en larges fascies dans la plupart des cas, manifestaient encore mieux, sous cette forme tératologique, la vigueur de la population. A l'École Normale de Paris, rue d'Ulm, où cette forme fut introduite en 1905 et s'est propagée depuis spontanément, les tiges grêles et sujettes à la verse de 1 mètre 80 à 2 mètres sont fréquentes, malgré des conditions de croissance plutôt défavorables. Nous sommes loin de l'OE. *parviflora* de Linné. Cette lignée est aussi tout à fait distincte de l'*Œnothera biennis* L. type, et de l'*Œ. suaveolens* Desfontaines, abondantes à Samois à quelques centaines de mètres de la station des *Œnothera biennis parviflora* n. f.

*
* *

L'*Œnothera Lamarckiana* de Seringe [**7**], qui fut introduite en Europe après les *Œnothera biennis*, *parviflora, muricata*, est l'équivalent de l'*Œnothera grandiflora* et fut décrite comme une nouvelle espèce par Poiret et Lamarck dans l'*Encyclopédie méthodique*, comme il suit :

12. Onagraire à grandes fleurs. *Ænothera grandiflora. (n.) Ænothera foliis integerrimis, ovato-lanceolatis ; petalis intregris, capsulis glabris.*

« Cette espèce paraît se rapprocher par son port de l'*Ænothera longiflora*; mais elle en diffère par plusieurs caractères frappants, surtout par ses tiges rameuses, ses pétales entiers, ses fruits lisses et courts.

« Ses tiges s'élèvent à trois ou quatre pieds de hauteur. Elles sont cylindriques, munies de quelques poils rares, d'un rouge brun, divisées en rameaux nombreux, étalés. Les feuilles sont vertes, alternes, ovales, lancéolées, lisses et glabres des deux côtés, très entières ; les feuilles du bas sont pétiolées et munies de quelques dents à peine sensibles; celles qui accompagnent les fleurs sont plus étroites, plus aiguës et sessiles.

« Les fleurs sont terminales, et forment, par leur disposition, une panicule étalée ; elles sont axillaires, solitaires, mais très rapprochées. Le calice est jaune, muni d'un tube un peu plus long que la corolle qui se divise en quatre folioles lancéolées, élargies à leur base, aiguës à leur sommet, terminées par un filet court, sétacé. La corolle est jaune, composée de quatre pétales ovales, très grands, entiers, arrondis, presque aussi longs que le tube calicinal, rétrécis à leur base en forme de coin.

Les anthères sont longues, linéaires. Le fruit est une capsule courte, cylindrique, glabre, tronquée, légèrement quadrangulaire, n'ayant environ que le tiers de longueur du tube calicinal. Cette espèce est originaire de l'Amérique septentrionale. On la cultive au jardin du Muséum d'Histoire naturelle. *(V. s.)*

M. de Vries a reconstitué l'histoire des pérégrinations de cette espèce en Europe, d'abord en 1895, dans le *Nederl. Kruidk. Archief* (t. VI, 4), puis dans son ouvrage *Die Mutationstheorie* (1901), et tout récemment dans le chap. IV du 1^er^ livre de *Gruppenweise Artbildung* (1913). Enfin, il donne ici même, sous le titre *L'Œnothera grandiflora de l'herbier de Lamarck,* des documents complémentaires qui établissent l'identité spécifique de la lignée *Œnothera Lamarckiana* d'Hilversum et de la plante décrite et nommée par Lamarck et Poiret en l'an IV (1796).

Je n'ai donc à intervenir dans la discussion soulevée par M. Davis (1912) et mise au point ici même par l'auteur de la *Mutationstheorie,* à d'autre titre que celui de témoin. M. de Vries m'a fait l'honneur de m'introduire dans ses cultures d'Amsterdam, pour y étudier les mutations, durant trois périodes d'été, en 1905, en 1907 et en 1908, durant près d'un mois chaque fois, puis en juin 1913 pour quelques jours ; il m'a fait visiter aussi la station spontanée d'Hilversum et il m'a montré sur place des *Œnothera Lamarckiana* abondants, des *Œ. brevistylis.* Enfin, depuis 1905, je propage l'espèce d'Hilversum régulièrement à l'état de lignée pure, issue chaque fois d'une seule plante bisannuelle d'*Œ. Lamarckiana* provenant des cultures de M. de Vries, et cela de 1905 à 1909 inclus, dans un jardin privé de Locon (Pas-de-Calais) où il n'existe pas d'Onagre à plusieurs kilomètres de distance et, depuis 1910, dans les plates-bandes destinées à l'expérimentation du Laboratoire de Chimie Végétale de Bellevue (Seine-et-Oise). Les caractères de l'*Œnothera Lamarckiana* de la lignée d'Hilversum me sont donc familiers.

Or, il est évident que ces caractères sont ceux de l'échantillon de l'herbier de Lamarck conservé au Muséum d'Histoire naturelle de Paris, désigné par la lettre A par M. Hugo de Vries dans le mémoire indiqué plus haut, lettre A que M. Bonnet a bien voulu ajouter sur l'échantillon en question. La discussion soulevée par M. Davis repose en partie sur la substitution, dans ses notes et dans le

mémoire qu'il a publié à ce sujet [**7**], de la description d'un échantillon de l'*Œnothera biennis* L. de l'herbier de l'Abbé Pourret à un échantillon du véritable *Œ. grandiflora* Lam. du même herbier. Une simple visite aux collections du Muséum aurait suffi pour dissiper tout doute à ce sujet. M. Davis n'a pas consulté lui-même cette collection, unique, dont dépend la rectitude de la diagnose ; il a utilisé des documents bien étudiés et fort bien décrits, qui lui ont été communiqués par M. F. Gagnepain et Miss Alice Eastwood ; mais il les a utilisés à faux. L'*Œnothera* d'Hilversum est bien le *grandiflora* type A de Lamarck, désigné en 1828 par Seringe sous le nom spécifique de *Lamarckiana*.

* * *

La discussion soulevée par M. Davis a eu un autre résultat ; elle a permis de prétendre que l'*Œnothera Lamarckiana* des cultures de M. de Vries n'avait sans doute pas une origine américaine [**8**]. Il suffit d'avoir montré, comme M. de Vries l'a fait, que cette plante est de la même espèce que les échantillons classés par Lamarck et par l'Abbé Pourret sous le nom d'*Œnothera grandiflora*, de lire sur les planches d'herbier qui permettent ce contrôle la justification d'origine qui est toujours l'Amérique boréale, de s'en rapporter en définitive aux diagnoses, toujours plus décisives d'après M. Bonnet, fournies par Lamarck et Poiret dans leur *Encyclopédie méthodique*, par Seringe dans le *Prodrome*, pour être absolument convaincu du fait qu'une espèce identique à la lignée *Lamarckiana* d'Hilversum était répandue en Amérique du Nord vers la fin du XVIII[e] siècle, et qu'elle a fourni les échantillons utilisés par les botanistes français pour leurs descriptions.

Si ces arguments ne suffisaient pas pour résoudre la question, il faudrait tenir compte d'un *document nouveau, trouvé par* M. de Vries *dans l'Herbier Michaux* du Muséum de Paris, le 30 octobre 1913, la veille de son retour à Amsterdam. M. de Vries m'a demandé d'en faire l'examen, de le comparer aux échantillons-types dont il a été question jusqu'ici et aussi à la lignée *Lamarckiana* d'Hilversum dont je possédais encore à cette date des échantillons fleuris dans le jardin de la station de Chimie végétale de Bellevue. Avec l'autorisation de M. le Professeur Lecomte, Directeur de l'herbier du Muséum et grâce au concours prêté avec beaucoup de zèle par M. Bonnet et

ses collaborateurs, j'ai pu en prendre moi-même une photographie reproduite ici (figure 1).

L'échantillon de Michaux a été cueilli sur une plante très vigoureuse, puisque le fragment du type placé à gauche s'étale sur une largeur de 15 millimètres ; les feuilles sont larges, ovales-allongées et paraissent encore en voie de croissance, ce qui explique l'absence des ondulations si caractéristiques du *Lamarckiana* type. La récolte a dû être faite de bonne heure, sans doute à la fin du printemps ; l'échantillon de droite, le seul caractéristique, correspond à une tige principale jeune ayant le port et les caractères d'un *Œnothera Lamarckiana* d'Hilversum en juillet.

Fig. 1. — *Œnothera* sp. ? de l'Herbier A. Michaux au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. — Réduit de 3/4.

C'est une grappe au début de sa floraison ; une fleur seulement est tombée laissant un jeune fruit recouvert en partie par sa propre feuille bractée, en partie par la feuille caulinaire la plus inférieure de l'échantillon. Les deux fleurs suivantes sont épanouies, la seconde à pétales chiffonnés et enroulés sur eux-mêmes, indiquant que l'épanouissement eut lieu la veille du jour de la cueillette ; la troisième, épanouie le jour de la cueillette et bien étalée, fournit les renseignements les plus intéressants, et c'est une fleur-type *d'Œnothera Lamarckiana*, telle que je l'ai vue en culture durant près de dix années :

Sa feuille bractée s'étale sur 47 millimètres de longueur avec, environ au tiers de sa longueur, une largeur de 7 millimètres. L'ovaire est protégé par la base de cette feuille, qui forme gaîne et s'est plissée irrégulièrement dans la dessiccation ; je lui ai trouvé 14 millimètres de long alors que le tube calicinal en a 31, les sépales libres 40 et les pétales 32 ; ce qui donne pour la troisième

fleur épanouie à partir de la base de la grappe une longueur totale de 77 millimètres en tenant compte de la légère courbure de la fleur. Ces données numériques permettront de séparer, sans difficulté, cette espèce des nombreuses espèces d'Œnothères à fleurs petites et moyennes des groupes de *l'Œnothera biennis*.

En examinant avec soin cette fleur épanouie, et sous le pétale de droite plié en deux, on devine la pointe d'une anthère; elle n'arrive pas à la hauteur de l'ombrelle étalée formée par les stigmates qui est porté par un style de 14 millimètres. Ce caractère est un des plus importants pour distinguer l'*Œnothera Lamarckiana* en floraison des espèces voisines.

La forme des boutons floraux, particulièrement bien marquée par les fleurs 4, 5, 6 et 7 comptées à partir de la base de la grappe est aussi caractéristique des *Lamarckiana;* leurs proportions, les pointes séparées en houppes des sépales, le renflement basal de raccordement des sépales libres au tube calicinal formant un angle largement ouvert et jusqu'à la position des stigmates dans le bouton, que l'on devine par une légère pression faite avec le doigt, fournissent autant de preuves convaincantes de l'identité de cet échantillon avec l'espèce *Lamarckiana* spontanée à Hilversum et l'échantillon A décrit sous le nom *d'Œnothera grandiflora* dans l'herbier de Lamarck.

Seule une légère différence de pilosité des sépales (notée entre un bouton frais de fin octobre cueilli à Bellevue et les boutons de l'échantillon de l'herbier Michaux) pourraient faire l'objet d'une réserve, si nous n'étions pas prévenu de la variabilité de ce caractère avec l'âge des plantes, plus velues précisément au début de la floraison que dans le cours de l'automne, et sans doute aussi avec le climat. Or, l'échantillon d'herbier décrit ici a été récolté il y a cent vingt ans dans l'Amérique boréale et probablement au début de l'été.

Il est fixé, par de nombreuses bandes de papier étroites, sur une feuille de papier ancien, bruni, de 35×25 centimètres, qui ne porte aucune indication d'origine; mais l'échantillon et sa feuille-support sont ensemble collés sur une feuille de papier bulle d'herbier, aux dimensions ordinaires 140 × 30, portant à droite une étiquette imprimée avec les mots : *Herb. Mus. Paris,* puis une large place *en blanc* réservée au nom d'espèce et, en bas, l'indication d'origine : *Herbier de l'Amérique septentrionale d'André Michaux.*

Il est donc établi que *André Michaux a cueilli au début de l'été, au cours de l'une de ses nombreuses explorations à travers l'Amérique septentrionale* (1), *une plante identique, jusqu'aux détails, à l'Œno-*

(1) Il serait fort intéressant de retrouver la station visitée par André Michaux ; mais pour les Œnothères, comme pour d'autres espèces *(Quercus)* les indications d'origine sont fort vagues. J'ai eu l'occasion de faire, à propos d'une étude de Chênes, un relevé des voyages et expéditions annuelles d'André Michaux et de son fils François-André, dont il me paraît utile de donner un résumé [9] :

Après un voyage en Perse, A. Michaux fut envoyé en Amérique du Nord, chargé par le roi Louis XVI de parcourir le pays, d'y recueillir des graines et des plants d'arbres et d'arbustes, d'en faire un entrepôt au voisinage de New-York et de les expédier en France pour l'aménagement du Parc de Rambouillet. On désirait aussi y acclimater du gibier américain au milieu des arbres et des plantes de leur pays.

A. Michaux part le 1er septembre 1785, installe un jardin à New-York, fait de suite une exploration en New-Jersey, Pensylvanie et Maryland d'où il envoie douze caisses de graines, cinq mille pieds d'arbres et des perdrix du Canada reçues à Versailles l'année suivante.

En 1786, il fait de Charlestown, en Caroline, son point d'attache ; il y installe son fils François, chargé de la préparation et de l'entretien d'une pépinière, dont il est question dans sa correspondance avec l'abbé Nolin.

En avril 1787, il remonte le Savannah d'où il envoie *Robinia viscosa* et quelques Chênes ; il traverse les Monts Alleghanis, atteint les sources de la rivière Tenassee, y découvre des Fraisiers à fruits excellents envoyés en France ; il rentre à Charlestown le 6 juillet. Il repart à l'automne vers le sud.

Arrivé en février 1788 à Saint-Augustin, il parcourt, avec son fils et un nègre dévoué, la Floride espagnole, remonte en mars le cours du Tomakow où il trouve le Cyprès Chauve *(Taxodium)* et des Orangers dont il envoie des graines au Jardin de Madrid ; il rejoint Savannah par les lagunes et rentre par mer à Charlestown.

L'hiver suivant, il se dirige vers le Nord, arrive à New-Providence le 26 février 1789 et envoie une caisse de graines à Banks, de la Société Royale de Londres ; puis, le 30 mai de la même année, il fait, avec son fils, la traversée des hautes montagnes de la Caroline, arrive à Morganton et, de là, rejoint la côte, New-York, Philadelphie et Charlestown, où il rentre au début de novembre.

De 1790 à 1792, à cause de la guerre entre l'Angleterre et la France, sa correspondance avec l'Europe est interrompue ; il ne reçoit plus de subsides, mais il se crée de bonnes relations auprès des américains.

En 1792 eut lieu son plus long voyage, durant huit mois. Parti de Charlestown le 18 avril, il passe à New-York, rejoint Québec le 10 juin, remonte le Saint-Laurent et arrive à Tadoussac à l'embouchure de la rivière Saquency ; il explore le lac Saint-Jean et remonte la rivière de Mitassin (Grande Cascade ?) où il trouve *Ribes nigrum* (Groseiller noir) et quelques Pins rabougris au milieu de la neige le 4 septembre. Il rentre à Tadoussac le 1er octobre et à Philadelphie le 8 décembre.

En 1793, envoyé par le citoyen Genest comme ambassadeur au Kentucky, il part de Philadelphie le 15 juillet, passe les Monts Alleghanis, rejoint l'Ohio, descend à Louisville puis traverse les forêts de la Virginie ; il se trouve à Holston le 18 novembre et rentre alors à Philadelphie le 12 décembre 1793. Il quitte cette ville le 9 février, se rend, en herborisant, à Charlestown, qu'il quitte le 14 juillet pour explorer la Caroline septentrionale et les montagnes d'Alleghanis.

En 1795, il retourne au Kentucky, suit les bords du Mississipi et explore l'Illinois d'où il envoie des plantes ; il arrive le 12 avril 1796 à Charlestown qu'il quitte définitivement, pour rentrer en Europe, le 27 thermidor an IV (13 août 1796). Une tempête, en vue des côtes de Hollande, lui fait perdre une partie de ses collections ; il est à Amsterdam le 25 novembre 1796.

thera Lamarckiana croissant actuellement à l'état spontané à Hilversum. L'existence de cette espèce en Amérique à la fin du XVIII^e siècle est absolument démontrée.

* * *

On n'a pas trouvé jusqu'ici, à ma connaissance, l'*Œnothera Lamarckiana* Seringe à l'état spontané en France. Pourtant cette espèce est très répandue en Angleterre, dans les dunes du Lancashire et, par cet intermédiaire, on la rattache souvent (Gates, 1913) à l'*Œnothera suaveolens* Desfontaines. Il n'est pas cependant possible de confondre ces deux espèces dont les seules analogies résident dans la taille des fleurs et sont traduites par le mot *grandiflora* d'un emploi trop commode.

Dans le Prodrome de De Candolle (vol, III., p. 47, 1828) la distinction est précise :

« *Œ. Lamarckiana* (Ser. niss.) caule ramose foliis integerrimis ovato-lanceolatis petalis integris magnis, capsulis glabris cylindrico-tetragonis-brevibus (2) in America septentrionale. *Œ. grandiflora* Lam. Dict. 4. p. 554, non *Ait.*, fl. flavi. »

« *Œ. suaveolens*(Desf. Tab. ed. 1804 p. 169 et Pers. Ench. I, p. 408) caule, calycibus capsulisque subpilosis, foliis ovato lanceolatisobsolete dentatis petalis magnis emarginatis, capsulis elongatis crassitudine subæqualibus, (2) in America septent. col. à in hort. ob odorem aurantium et magnitudinam florem. Fl. flavi, capsulæ sulcatæ deorsum subcrassiores. Valdé aff. *Œ. biennis.* An ad *Œ. grandifloram* referenda ? »

Les affinités avec l'*Œnothera grandiflora* (de tous les auteurs ?) y sont soulignées. D'ailleurs, Spach dans sa *Monographie des Onagracées* [**10**] complète la confusion en faisant rentrer dans son espèce *Œnothera vulgaris*. l'*Œ. biennis* de Linné et sa variété B, « floribus majoribus » dit-il, renfermant « *Œ. suaveolens* Desfont. Catal. Hort. Par. et *Œ. grandiflora* Lamk. Encycl.. »

Vers la même époque (1829) Poiret n'est pas plus clair, mais il s'agit d'un exposé général de l'*Histoire des Plantes* et non d'une description systématique : « Parmi les autres espèces que l'on cultive dans les jardins, dit-il, il n'en est pas de plus belle que l'Onagre odorante (*Œnothera grandiflora* Willd). Ses fleurs sont très grandes, d'un beau jaune, solitaires dans les aisselles des feuilles supérieures ; elles ne s'ouvrent que le soir et se ferment tous les

matins. J'ai rapporté ailleurs les circonstances curieuses qui accompagnent ce joli phénomène (vol. II, p. 10). Lorsqu'elles sont entièrement ouvertes, elles exhalent alors une odeur douce, très agréable. » Il s'agit évidemment ici de *Œnothera suaveolens* Desfontaines et désormais, dans les descriptions de la flore française, il ne sera plus question que de cette dernière espèce.

L'Œ. suaveolens type de Desfontaines fut très commune en France; elle était encore propagée dans les jardins, en 1865, et Grenier dans la *Flore jurassique* (p. 289) la caractérise d'un mot qui est absolument précis : « On cultive dans les jardins l'*Œ. suaveolens*, dont la fleur est du double plus grande que *biennis* et la *capsule d'égale épaisseur dans toute sa longueur.* »

Elle est fort abondante à la limite de la Forêt de Fontainebleau sur le territoire sableux de Samois, où depuis dix années je la vois en colonies de dizaines de milliers d'exemplaires. Dans un verger, abandonné, envahi par les Pins, les *Robinia* et des broussailles, elle se maintient depuis la même date au nombre d'une vingtaine d'exemplaires tout à fait caractéristiques. J'en ai cultivé en terrines, puis en plates-bandes au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et toujours les plantules issues de cette station étaient caractérisées par leurs premières feuilles ovales, dressées, longuement pétiolées formant une opposition caractéristique avec le groupe des *biennis* à petites fleurs décrits dans le second paragraphe.

L'*Œ. suaveolens* (1) Desf. me paraît fort bien décrit par l'abbé Coste dans sa *Flore descriptive et illustrée de la France*, et il n'est pas douteux que les échantillons étudiés par cet auteur ne se confondent avec l'espèce si abondante à Samois. On la trouve, d'après lui, dans les lieux sablonneux, dans les vignes et au bord des rivières, dans le Centre et l'Ouest, surtout dans le bassin de la Loire. Il serait fort intéressant de revoir les localités en question et de les étudier avec le souci d'y trouver des types divergents.

(1) M. Coste identifie *Œ. suaveolens* Desf. à *Œ. grandiflora* Solander; et cette conception, qui me paraît juste, fournit une explication plausible de l'erreur de Davis, au sujet de l'identité spécifique de l'*Œ. Lamarckiana* Seringe, des *Œnothera grandiflora* décrits par Poiret (1816 et 1828) et de l'*Œ. suaveolens* Desfontaines. Les descriptions et l'examen des matériaux secs du Muséum d'Histoire Naturelle me portent à croire que ces deux derniers groupes constituent une bonne espèce étroitement liée à *Œ. grandiflora* Solander et sans doute à *Œ. grandiflora* Aiton, lequel est encore abondant en Amérique, dans une localité de l'*Alabama* (Vail. 1907).

*
* *

En résumé, il existe à l'état spontané en France au moins 4 espèces bien distinctes du groupe des *Euœnothera*. Ce sont par ordre de fréquence à Fontainebleau :

1° L'*Œnothera biennis* type Linné, caractérisé par des fleurs de moyenne grandeur, peu odorantes, jaune franc, dont les pétales cordiformes dépassent les étamines, mais sont plus courts, environ de moitié, que le tube du calice. Cette espèce est strictement autofécondée à Fontainebleau : les étamines croissent jusqu'à la hauteur des stigmates et abandonnent leur pollen dans la fleur en bouton, d'ordinaire la veille de son ouverture. Une fois noué, le fruit est cylindro-conique, trois fois plus long que large, long de trois centimètres environ, plus épais à la base et légèrement velu. A Fontainebleau, l'*Œnothera biennis* type est le plus précoce de toutes les Onagres ; il commence à fleurir en juin et il est rare qu'on en observe des fleurs en septembre.

2° L'*Œnothera suaveolens* Desfontaines, caractérisé par ses fleurs plus grandes, très odorantes, d'un jaune plus pâle, dont les pétales peu échancrés mais à bord ondulés atteignent presque la longueur du calice. Cette espèce a des étamines un peu plus courtes que le style à l'épanouissement de la fleur ; l'autofécondation est sans doute possible, mais facilement évitée même dans les boutons sur le point de s'ouvrir. Une fois noués, les fruits sont cylindriques allongés, cinq fois plus longs que larges, ceux du bas de la grappe dépassant souvent quatre centimètres de longueur, à pointes un peu rétrécies, velus et à pilosité persistant à l'automne. A Fontainebleau, l'*Œnothera suaveolens,* fort abondant dans les champs d'Asperges et de Pommes de terre mal cultivés, fleurit assez tard, vers la fin de juillet et sa floraison continue jusqu'en octobre. En raison de cette végétation tardive, les plantes d'*Œ. suaveolens* paraissent, en général, beaucoup plus vigoureuses que celles de l'*Œ. biennis* type et il n'est pas rare d'en trouver des représentants de deux mètres de hauteur.

3° L'*Œnothera biennis* forme *parviflora* que j'ai trouvée exclusivement à Samois dans un taillis de *Robinia* coupé en 1903 ; la lignée pure, mais fort sujette à des altérations de croissance, à des torsions et à des fascies, a lutté pour la place pendant cinq années et fut

repoussée peu à peu jusqu'à un sentier d'où elle disparut récemment. Elle se propage spontanément dans le jardin botanique de l'École Normale Supérieure à Paris depuis 1906 et M. de Vries en a fait l'épreuve avec des graines provenant de cette localité.

Elle est très différente de l'*Œ. parviflora* Linné de l'*Encyclopédie méthodique* par sa haute taille, qui atteint 1m 80 à Paris à l'ombre et a dépassé 2 mètres à Fontainebleau. Ses fleurs sont petites, à pétales égalant environ le tiers de la longueur du tube du calice ; elle était strictement autofécondée à Fontainebleau mais à Paris certaines fleurs s'ouvrent avant que les anthères n'aient libéré leur pollen. Une fois noué, le fruit court, très large à la base et comme tronqué au sommet, se rapproche plutôt des fruits de l'*Œnothera Lamarckiana*, que des fruits de l'*Œ. biennis* type de Fontainebleau. La floraison est précoce, comme celle des *biennis*, et se prolonge assez tard en automne, à l'ombre des taillis et des grands arbres. C'est une forme ombrophile.

4° L'*Œnothera muricata* L. à fleurs jaunes plus petites encore que celles de l'*Œ. biennis parviflora*, à pétales échancrés en cœur qui ne dépassent pas les étamines, à capsules courtes, oblongues et velues n'existe pas à ma connaissance dans les environs immédiats de Fontainebleau. Elle est commune dans l'Est, dans les Vosges et le bassin de la Loire.

Enfin, l'*Œnothera longiflora* Lin. des régions sablonneuses et chaudes des Landes, des Basses-Pyrénées, n'appartient pas à ce groupe. On ne peut la confondre avec les précédentes qu'au début de la floraison où elle a des fleurs jaunes, et alors même, on la distingue facilement à ses feuilles bractées étagées au milieu des fleurs, formant un long épi. Plus tard, les fleurs prennent une teinte rouge cuivre et les fruits noués se développent en forme de massue tout à fait caractéristique.

L'*Œnothera Lamarckiana* Seringe a des fleurs jaunes, larges et légèrement odorantes, à pétales étalés presque aussi longs que le tube du calice, plus larges que longs et se recouvrant par leurs bords dans la fleur épanouie, à étamines plus courtes que le style, disposition qui favorise la fécondation croisée. Ses ovaires courts nouent en s'épaississant fortement surtout à la base ; ils donnent des fruits trapus, coniques à parois épaisses, au plus trois fois plus longs que larges. Les fleurs s'épanouissent tardivement, en fin juillet à

Bellevue près de Paris, et les extrémités des branches en offraient encore d'épanouies le 7 décembre 1913.

Il ne semble pas que cette espèce ait été rencontrée à l'état spontané en France. On ne peut la confondre avec l'*Œnothera suaveolens* Desfontaines, ni avec l'*Œnothera grandiflora* Solander.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

[**1**] Hugo de Vries. — *Gruppenweise Artbildung* unter spezieller Berücksichtigung der Gattung *Œnothera*. Berlin, 1913, 365 p. et 22 planches coloriées.

[**2**] Gates, R. R. — A contribution to a knowledge of the mutating Œnotheras. *Trans. of the linn. Soc. of London*, 2me sér. bot. t. 8, 1913, 67 p. in-4° et 6 pl. doubles.

[**3**] Mac Dougal (1903-1907); Vail et Shull (1905-1907); Bartlett (1907-1911); Gates (1907-1913); Davis (1910-1913), etc.

[**4**] Bailey, Ch. (1907); Boulenger (1907); Gates (1907-1913).

[**5**] H. de Vries (1886-1913); E. de Vries (1901); Theo. J. Stomps (1910-1913); H. H. Zeijlstra (1911), etc.

[**6**] *Encyclopédie méthodique,* Botanique, par le citoyen Lamarck, Paris, l'an IV. Tome IV; l'article Onagraire *(Ænothera),* p. 550-555, qui comprend la description et la délimitation du genre et de douze espèces, a sans doute été rédigé par Poiret.

[**7**] Davis Brad. Moore. — Was Lamarck's Evening Primrose *(Œnothera Lamarckiana* Seringe*)* a form of *Œnothera grandiflora* Solander? *Bull. Torrey bot. Club,* t. 39 (1912) n° 11 et planches 37-39.

[**8**] Davis (1911 et 1912); Heribert-Nilsson, N. (1912), etc.

[**9**] Deleuze. — Notice historique sur André Michaux. *Ann. Mus. Hist. natur.*, Paris, t. 3, p. 191-227. (An XII, 1804).

[**10**] Spach. Monographia Onagracœarum. *Nouv. Mém. du Muséum,* t. 4, (1828), p. 351 et suivantes, p. 355.

DE L'IMPORTANCE QUE L'ON DOIT ATTACHER

AUX

GOUTTELETTES OLÉAGINEUSES

CONTENUES DANS LES SPORES CHEZ LES DISCOMYCÈTES

par M. Em. BOUDIER

Correspondant de l'Institut.

Déjà dans des travaux antérieurs (1) j'avais appelé l'attention sur l'importance qu'avait, à mes yeux, la présence de gouttelettes oléagineuses appelées souvent sporidioles, si fréquente dans les spores des Champignons, surtout Ascomycètes. Si je viens reprendre ici quelques-unes de ces observations, c'est que même encore actuellement, malgré les grands progrès qui ont été faits en ce sens, certains mycologues me semblent n'y pas attacher l'importance cependant très grande qu'elles ont, tant au point de vue biologique, que pour la détermination des genres et des espèces. Bien qu'il ne faille pas se dissimuler que la fixité de ces gouttelettes soit loin d'être constante, tous nous avons observé le contraire, mais il n'en existe pas moins des règles qui non seulement sont pour beaucoup de mycologues un excellent critérium pour la distinction des genres et des espèces, mais encore par cela même un des moyens les plus utiles pour les caractériser. Le rôle qu'elles jouent dans la germination est de plus considérable, puisqu'elles doivent être regardées comme les

(1) Considérations générales et pratiques sur l'étude microscopique des Champignons. Bull. Soc. Myc. de France. Tom. II. p. 139.

réserves où le futur mycélium puisera sa nourriture comme le font les Phanérogames dans leurs cotylédons, jusqu'à ce qu'il puisse vivre de sa vie propre et se suffire à lui-même, laissant la spore réduite à sa seule enveloppe qui ne tarde pas alors à disparaître, comme je l'ai déjà indiqué (2). Cette importance au point de vue biologique est pour moi si grande, qu'elle m'a engagé à y rechercher des caractères génériques comme on peut s'en rendre compte dans ma classification des Discomycètes.

Examinons donc ces gouttelettes ; nous les voyons tantôt très grosses, tantôt petites et même sous forme de granulations, mais reconnaissables à leur pouvoir réfringent particulier aux corps gras, qui les distinguera toujours des noyaux ou nucléus, des granulations protoplasmatiques, des vacuoles ou des guttules aqueuses que le plasma peut contenir et lui donnent alors un aspect plus ou moins spumeux. Ce sont les substances oléagineuses que j'ai seulement en vue ici.

Liquides, bien entendu, ces gouttelettes sont sujettes à se diviser ; ainsi la spore de telle espèce qui a normalement deux sporidioles, en voit quelquefois une des deux et même toutes les deux, se diviser en plusieurs plus petites, ou se réunir à l'autre formant alors une grosse gouttelette centrale, mais ce sont toujours des exceptions pour l'espèce et il suffit d'examiner la généralité des spores pour voir que la plupart sont à deux sporidioles. Ce n'est donc qu'une modification plus ou moins fréquente, et il n'en faut pas moins considérer les spores comme à deux sporidioles, puisque la généralité les a ainsi. On doit donc toujours avoir grand soin d'examiner un certain nombre de spores pour établir son jugement, sans cela on risquerait fort de commettre des inexactitudes toujours préjudiciables à la science si on ne bornait son examen qu'à un petit nombre, comme aussi de ne les examiner que lorsqu'elles sont sorties naturellement des thèques, celles qui y sont incluses étant très fréquemment immatures et par conséquent pouvant présenter des différences qui pourraient induire en erreur, tant au point de vue de ces guttules qu'à celui des cloisons qu'elles peuvent présenter.

Ces gouttelettes ou sporidioles sont généralement incolores, mais

(2) Mémoire sur les rapports qui existent entre l'évolution des divers organes des Champignons comparés à ceux des Phanérogames. Congrès des Sociétés savantes. Avril 1898.

elles ont souvent une coloration très légère, le plus souvent ochracée ou olivâtre. Il faut remarquer aussi que telles spores qui ont leurs gouttelettes oléagineuses accompagnées de granulations plus petites mais de même nature, voient souvent ces dernières disparaître à la maturité, comme disparaîtront à leur tour les plus grosses au moment de la germination, leur substance se désagrégeant pour être employée à la première nutrition du mycélium dans lequel elles sont attirées, laissant, comme je l'ai dit plus haut, la spore réduite à sa seule enveloppe qui disparaît elle-même rapidement.

On voit donc la raison pour laquelle nombre d'auteurs n'ont pas cru devoir y apporter une grande importance, mais c'est à tort, à mon avis, puisqu'avec de l'attention on peut en tirer le meilleur parti. On ne peut s'empêcher de constater que la plupart des Helvellacés par exemple, ont leurs spores avec une grosse gouttelette centrale, accompagnée ou non d'autres plus petites, plus rarement de plusieurs; que les Morilles, *Verpa*, *Disciotis* en sont privées, que les mêmes faits se reproduisent dans bien d'autres genres, ce qui avec les autres caractères fondamentaux, aide puissamment à leur détermination. Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que souvent les spores contenant des gouttelettes ou non contiennent de nombreuses granulations réfringentes qui ont trompé souvent bien des mycologues, même des meilleurs, en leur paraissant devoir être de petites granulations extérieures ou verrues. Il est donc urgent d'apporter la plus grande attention à leur examen à l'aide d'un bon microscope et de ne les accepter comme verrues que lorsque le contour de la spore est nettement festonné si peu et si finement que ce soit. A ce sujet il est bon de remarquer que les spores examinées doivent être fraîches. Celles prises sur des exemplaires en voie de dessiccation, se flétrissent souvent et montrent alors si elles contiennent des granulations oléagineuses, des apparences de verrues produites par l'évaporation de leur eau de végétation et le retrait qui en résulte de leur membrane sur ces granulations. On voit donc combien il faut apporter de soins dans l'examen de ces organes si essentiels à bien connaître.

Il arrive parfois que ces gouttelettes sont si grosses qu'elles remplissent presqu'entièrement la spore, et quand elles sont au nombre de deux ou de plusieurs, elles se pressent les unes contre les autres, perdent leur contour arrondi, deviennent plus ou moins

quadrilatères, laissant entre elles un très léger intervalle simulant des cloisons, mais qui n'en sont pas quoiqu'elles aient été prises souvent comme telles.

Il est facile de s'assurer du fait en employant de la teinture d'iode ou de l'alcool, qui dissolvant ces gouttelettes rendent visibles les cloisons quand elles existent, ou font disparaître cette apparence quand elles n'existent pas. Souvent aussi des granulations oléagineuses plus ou moins grosses, remplissent tellement les spores qu'elles rendent impossible à voir les cloisons qui peuvent exister. Il est alors toujours utile de faire agir la teinture d'iode ou tout autre liquide pouvant avoir sur elles une action dissolvante, les cloisons apparaissent nettement alors. Il faut se rappeler aussi que les descriptions faites sur des échantillons desséchés ou conservés dans de l'alcool seront toujours ou risqueront d'être fautives ou incomplètes, par les modifications que peuvent leur faire subir les liquides dans lesquels les exemplaires auront été plongés, et l'on doit toujours se mettre en garde contre ces erreurs, maintenant surtout que les études cytologiques sont en grand honneur et nécessitent l'emploi de l'alcool pour tuer la vitalité des cellules.

Il est certain que ces observations pourront paraître superflues aux yeux de bien des mycologues exercés, mais auprès de beaucoup d'autres, elles peuvent avoir leur utilité en attirant leur attention sur l'importance que dans certains cas elles peuvent avoir. Pour ne citer qu'un exemple, les *Aleuria,* tels que je les comprends comme genre, se montrent toujours avec des spores sans sporidioles, ce qui rend leur étude souvent difficile, en dehors des autres caractères physiques, tandis que les *Galactinia*, genre bien voisin, en montrent toujours de constantes qui aident beaucoup à leur détermination. Comme ces sporidioles se montrent dans une foule de genres, elles ne doivent donc pas être négligées.

LICHENS RECUEILLIS SUR LES SILEX
LE LONG D'UNE ROUTE
DANS
LES DUNES DES ENVIRONS DE DUNKERQUE

par M. BOULY DE LESDAIN

Docteur ès sciences.

A quelques kilomètres de Dunkerque, dans les dunes de Malo-Terminus, le long d'un chemin caillouté qui joint le Fort des Dunes à la batterie de la côte, j'ai observé un assez grand nombre de lichens végétant sur des silex. Comme ceux-ci sont assez rares sur ce substratum, aux environs de Dunkerque du moins, je les ai étudiés particulièrement, afin d'en donner une liste et une étude détaillées.

Le sable des collines voisines, qui au moindre souffle du vent vient balayer la route, entraîne avec lui de nombreux cailloux, qu'il dépose sur les petits monticules (1) ou dans les bas-fonds qui l'avoisinent.

La plupart d'entre eux ne présentent pas de traces de lichens, les spores se fixant mal sur les surfaces lisses des silex. D'autres au contraire en sont plus ou moins couverts, et offrent quelques espèces intéressantes, soit par leur rareté, soit par les modifications qu'elles subissent sur ce milieu un peu spécial.

(1) Ces monticules à sable plus ou moins mouvant, sont assez pauvres en phanérogames ; j'ai observé seulement quelques rares exemplaires de *Draba verna, Saxifraga tridactylites, Myosotis hispida, Cynoglossum officinale, Erodium cicutarium, Cerastium semidecandrum, Festuca oraria* et *Carex arenaria.*

Parmelia sulcata. Tayl. (RR).

Parmelia subaurifera. Nyl. (RR).

Xanthoria parietina. (L) Th. Fr. (C). Forme des rosettes peu développées, de 2 cm. de diamètre au plus, à lobes petits, atteignant assez rarement 2 à 2,5 mm. de largeur, et le plus souvent très appliqués sur le substratum. Dans de jeunes exemplaires mesurant environ 2 mm. de diamètre, les lobes sont larges d'environ 0,2 — 0,4 mm., lisses et légèrement convexes.

Quelques très rares exemplaires sont pourvus d'un hypothalle formé d'une membrane très mince, un peu plus pâle que le thalle, rougissant au contact de la potasse, pouvant atteindre 1 mm. de largeur, et bordé d'un liseré blanchâtre.

Apothécies de 1 mm. de diamètre, à bord entier. Spores longues de 12-15 sur 9 μ.

Xanthoria polycarpa (Ehrh) Olivier (AR). Thalle orangé ou jaune orangé, atteignant au plus 1 cm. de diamètre, à lobes de formes assez variables, parfois plans, dilatés à la périphérie et mesurant 0,5 mm. de largeur; d'autres fois, rayonnants comme ceux d'un *Placodium,* et larges de 0,2 — 0,3 mm.

J'ai trouvé deux ou trois exemplaires pourvus d'un hypothalle très mince, rougissant au contact de la potasse, atteignant environ 1 mm. de largeur, de même couleur ou plus pâle que le thalle, et bordé d'un liseré blanchâtre.

Apothécies assez rares, de 0,9 mm. de diamètre environ, à bord entier.

Physcia ascendens Bitter (AC). Les échantillons appartiennent presque tous à la *f. leptalea ;* ce n'est qu'assez rarement, et le plus souvent dans les creux de la pierre moins exposés au vent, que l'on observe la *f. tenella.*

Les rosettes formées par le thalle sont ordinairement petites, et ne dépassent pas 1 cm. de diamètre. Les lobes sont plans ou convexes, pourvus d'assez nombreuses rhizines, blanchâtres à la base, noires, simples ou bifurquées au sommet. Au contact de la pierre, elles donnent naissance à un hypothalle noir, très mince, dont les petits groupes circulaires de 1 mm. de diamètre environ, finissent parfois par se confondre, pour former sous le *Physcia* une couche plus ou moins étendue. Stérile.

Placodium tegulare f. silicicola (Wedd) B. de Lesd. *Lecanora*

murorum var. pusilla, subvar. silicicola. Weddell. Not. monog. Amphiloma Flore Française p. 8 (RR).

Thalle jaune-orangé, orbiculaire, en rosettes de 1 cent. environ de diamètre, à lobes petits, larges d'environ 0,5 mm., légèrement convexes, crénelés, dépourvus de pruine, non aréolés-verruqueux au centre. Apothécies de 0,5-0,6 mm. de diamètre, à bord entier, d'abord planes, puis parfois immarginées convexes. Paraphyses libres, grêles, articulées vers le sommet; spores polocœlées, longues de 10-12, rarement 13, sur 4-6 μ.

Caloplaca pyracea (Ach) Th. Fr. (AR). Apothécies dispersées sur un hypothalle cendré-noirâtre.

Caloplaca vitellina (Ach) Th. Fr. (R).

Lecanora galactina Ach (R). Hypothalle cendré-blanchâtre ou noirâtre, fimbrié à la périphérie.

Lecanora umbrina Mass (CC). Apothécies le plus souvent dispersées sur un hypothalle cendré-blanchâtre ou noirâtre, et fimbrié à la périphérie. *Var. integra* B. de Lesd. *Var. nigrescens* (Th. Fr.) Harmand.

Lecanora campestris (Schær) Nyl. (RR). Thalle peu développé, bordé à la périphérie par un hypothalle blanchâtre et fimbrié.

Squamaria saxicola (Pollich) Nyl. (RR).

Rhinodina exigua f. demissa (Hepp) Th. Fr. (CC). Remarquable par son hypothalle cendré-noirâtre et ramifié, sur lequel se developpent de nombreuses apothécies. Le thalle n'apparaît qu'assez tardivement, et débute par de petits îlots arrondis, disséminés sur l'hypothalle — *var. erysiboides* B. de Lesd. (RR). Thalle cendré, verruqueux-aréolé. Apothécies brun-rougeâtre à bord thallin entier ou subentier, à bord propre souvent très distinct. Spores brunes, 1 sept; longues de 12-16 sur 7-8 μ.

Acarospora discreta (Ach) Th. Fr. (R).

Acarospora silicicola B. de Lesd, nov. sp. (RR).

Crusta K-, C-, KC-, fusco-nigrescens, squamulosa, squamulis rotundatis vel sæpius oblongis aut angulosis, 0,3-0,5 mm. latis, contiguis aut dispersis, planis, lævigatis aut interdum sublævigatis, subtus albis, saxoque arcte adhærens.

Apothecia thallo leviter obscuriora, in areolis singula vel 2-4 enata, circa 0,2 mm. lata, rotundata, vel varie angulosa, primum immersa, dein emersa, disco plano, margine thallino tenui integro

que cincta. Epithecium fuscum, thecium et hypothecium incolorata, paraphyses parum cohærentes, articulatæ, apice leviter fusco incrassatæ, 2, 5 -3 μ crass., asci inflati, 80-90 p. longi; sporæ numerosissimæ, simplices, oblongæ, 3-5 μ. long., 1, 5-2 crass. Gelat. hym. I + cærulescit.

M. l'Abbé Hue, qui dans ses « Lichenes Morpholog. et Anatom. dispositi » a tout spécialement étudié l'anatomie des Acarospora, a bien voulu m'envoyer la note suivante : « Les hyphes du cortex ne sont pas capités, mais seulement un peu brunis au sommet, ils sont étroits, leur lumière n'est que de 2 ou 3 μ, ordinairement très ramifiés, mais parfois fasciculés et montant verticalement de la médulle au sommet du cortex, qui est recouvert d'une couche de cellules dépourvues de protoplasma. Les gonidies sont cystococcoïdes. »

Myriospora Heppii Næg (R). Cette espèce calcicole se rencontre rarement sur les pierres siliceuses.

Sarcogyne simplex f. parasitica B. de Lesd. (RR). Apothécies parasites sur les squames stériles d'un *Acarospora.* Spores très nombreuses, ellipsoïdes, longues de 5-6 sur 2-2, 5 μ. Gélat. hym. I + bleu, > vineux.

Bacidia inundata (Fr) Krb (R).

Buellia verruculosa (Borr) Th. Fr. Thalle K-, C + R, cendré-verdâtre, aréolé, à aréoles légèrement granuleuses, limité par un hypothalle noir bien développé. Apothécies noires, petites, immarginées, planes, légèrement scabres, immergées dans les aréoles. Épithécium olivâtre, thecium incolore, hypothecium brun-olivâtre, paraphyses soudées, capitées et brunies au sommet; spores brunes, 1 sept., longues de 14-17 sur 8-9 μ. Gelat. hym. I + bleu.

Buellia punctiformis f. stigmatea (Krb) (RR). Spores brunes, 1 sept., longues de 15-16 sur 7-9 μ. Ce lichen très commun sur les arbres et les vieux bois, se rencontre très rarement saxicole aux environs de Dunkerque.

Diplotomma alboatrum var ambiguum (Ach) Th. Fr. (A.R). Hypothalle noir, ramifié, centrifuge, se couvrant rapidement, le long des ramifications, de petits îlots de thalle, bientôt soudés entre eux, l'hypothalle ne restant plus visible qu'à la périphérie.

Rhizocarpon obscuratum. (Ach) Th. Fr. (RR). Spores longues de 24-32 sur 10-15 μ.

Verrucaria nigrescens Pers (R).

Verrucaria papillosa Flk (cc).

Verrucaria integra var. obductilis f. maritima B. de Lesd. (R).

CHAMPIGNONS PARASITES. — *Phoma lecanoræ* Vouaux, très commun sur le thalle du Lecanora umbrina, principalement dans les petites dépressions où le sable reste plus ou moins humide pendant une partie de l'année. *Phoma glaucellæ* (1) Vouaux nov. sp.

MOUSSES. — *Bryum argenteum*, *Barbula ruraliformis* et *Grimmia pulvinata* — toujours très rares et rabougries.

CONCLUSIONS

I. J'ai récolté sur les silex : 1° 22 espèces de lichens, 3 variétés et une forme ; les : *Placodium tegulare f. silicicola*, *Acarospora discreta*, *Sarcogyne simplex f. parasitica*, et *Buellia verruculosa*, sont nouveaux pour les environs de Dunkerque. L'*Acarospora silicicola* est inédit.

2° 2 Champignons parasites de Lichens, dont le *Phoma glaucellæ* Vouaux in litt. est nouveau.

3° 3 Mousses.

II. L'hypothalle forme dans beaucoup de cas une membrane très mince qui ne se développe bien que sur les surfaces lisses. Là seulement, les hyphes très fragiles ne viennent pas se briser et se recroqueviller, sur les surfaces rugueuses des pierres ou des écorces.

L'hypothalle des *Xanthoria parietina* et *X. polycarpa*, n'avait pas encore été, je crois, signalé jusqu'à présent.

(1) Cette espèce sera décrite dans le « Synopsis des Champignons parasites de Lichens par l'Abbé Vouaux » actuellement en cours de publication.

CARPOLOGIE COMPARÉE

ET

AFFINITÉS DES GENRES D'OMBELLIFÈRES *MICROSCIADIUM* & *RIDOLFIA*

par M. John BRIQUET

Directeur du Conservatoire et du Jardin botanique de Genève.

I

Historique.

Des travaux récents sur quelques représentants peu connus de la famille des Ombellifères appartenant au groupe des Amminées (1), ont attiré notre attention sur deux genres monotypes, *Microsciadium* et *Ridolfia*, le premier endémique dans l'Archipel grec et sur les côtes d'Asie Mineure, le second largement méditerranéen. En décrivant le genre *Ammoides*, nous avons mis en évidence une Amminée ptychopétalée, différant au premier coup d'œil des *Ptychotis* vrais, non seulement par la carpologie interne, mais encore extérieurement par le fait qu'à la maturité du fruit les côtes très réduites ne sont pas plus saillantes que les vallécules soulevées en voûte par les bandelettes. Or, ce même caractère a amené M. O. Drude à maintenir le genre *Ridolfia* opposé au genre *Petroselinum*, et le genre *Microsciadium* opposé au genre *Carum*. Comme ces genres présentent tous deux des fruits allongés-linéaires, il devenait très intéressant de les comparer entre eux et avec le genre *Ammoides* au

(1) J. Briquet : *Thorella*, Ombellifère monotype du sud-ouest de la France (*Ann. du Conserv. et du Jard. bot. de Genève*, XVII, ann. 1914). — *Ptychotis* et *Ammoides*, étude sur les Ombellifères ptychopétalées (*Ibidem*, XVIII, ann. 1914.)

point de vue carpologique. On verra par l'historique qui suit, que cette comparaison n'était pas possible avec les connaissances existantes et qu'une étude carpologique plus minutieuse était devenue nécessaire.

*
* *

Le *Microsciadium* a été découvert par Dumont d'Urville dans l'île de Cos. C'est une petite Ombellifère annuelle, glabre, à tige érigée, très rameuse dès la base, à rameaux divergents, à feuilles bipinnatiséquées, les inférieures à segments ovés-cunéiformes 2-3 fides, les caulinaires allongées à segments filiformes. La tige a une organisation sympodiale (1), les ombelles paraissant être en partie oppositifoliées. Celles-ci comportent 3-4 rayons filiformes et sont sans involucre ou à involucre rudimentaire ; les involucelles sont 5-phylles, à pièces sétacées, et composées de rayons inégaux, épaissis, claviformes à la maturité.

D'Urville a décrit sa plante de Cos sous le nom de *Cuminum minutum* (2), attribution générique qui a été admise sans objection par A.-P. de Candolle (3).

Ces deux auteurs ont déterminé les affinités du *Cuminum minutum* d'après de simples analogies de port, procédé fréquent à cette époque et qui s'est trop souvent perpétué dans la famille des Ombellifères jusqu'au temps actuel. Cela ressort en particulier du fait que de Candolle attribue au genre *Cuminum* des caractères (présence de côtes secondaires, côtes primaires muriquées, carpophore bipartit, 5 dents calicinales, semence concave sur la face commissurale) que l'on chercherait en vain dans le *C. minutum*.

Il faut arriver à Boissier pour trouver une description qui permette de juger plus clairement des liens de parenté du *Cuminum minutum* dans la famille des Ombellifères (4). Ce phytographe a donné une bonne description de l'appareil végétatif et a révélé en outre une série de caractères très remarquables que l'on peut

(1) Voy. sur ces ombelles en apparence oppositifoliées : Briquet, *Thorella* etc. p. 28.

(2) Dumont d'Urville : Enumeratio plantarum, quas in insulis Archipelagi aut littoribus Ponti Euxini annis 1819 et 1820 collegit atque detexit, p. 32 t. 272, (Parisiis 1822).

(3) A.-P. de Candolle : *Prodromus* IV, p. 2011 (830).

(4) E. Boissier : Plantæ Aucherianæ *(Ann. des Sc. nat.*, Ser. 3, I. p. 141, 1844).

résumer comme suit. Les pédicelles s'épaississent à la maturité de bas en haut de façon à devenir subclaviformes. Il y a formation de 5 pièces calicinales supplémentaires, nées dans les sinus qui séparent les 5 pièces normales, ce qui élève le nombre des dents calicinales à 10. Les pétales sont profondément bipartits, prolongés au fond du sinus par une languette recourbée, largement linéaire, sans pli d'insertion transversal. Le fruit est largement linéaire, tronqué au sommet et couronné par les 10 dents calicinales. Le stylopode, au lieu de reposer sur le sommet du fruit, a la forme d'une coupe à bords lobulés brièvement stipitée, portant deux styles érigés. Les méricarpes sont linéaires-cylindriques, à 5 côtes primaires très grêles, filiformes, avec 4 bandelettes valléculaires, plus larges et plus saillantes que les côtes, à commissure un peu convexe, bivittée. L'albumen est exactement cylindrique et le carpophore bifide au sommet.

Nous voici loin du genre *Cuminum*, dont Boissier a pu dire sans exagération que le *Cuminum minutum* diffère « toto cœlo ». L'auteur base sur le type découvert par d'Urville un nouveau genre qu'il appelle *Microsciadium*, l'espèce portant le nom de *M. tenuifolium*. Dans l'examen des affinités, Boissier compare d'abord le *Microsciadium* au genre *Grammosciadium*, mais il ne s'arrête pas à cet élément de comparaison qui est bien lointain, car les *Grammosciadium*, dont la carpologie est d'ailleurs actuellement encore mal connue, en diffèrent profondément par leur albumen concave du côté commissural et par toute l'organisation des méricarpes. Il place son nouveau genre parmi les Amminées et le rapproche des *Ptychotis, Muretia et Ridolfia* : le premier s'en sépare par la languette des pétales insérée sur un pli transversal ; le second et le troisième, qui ont aussi un fruit linéaire, s'en écarteraient par les pétales entiers, les dents calicinales nulles ou très réduites, ainsi que par l'albumen plan du côté commissural.

On peut dire que Boissier a eu, du premier coup, la main heureuse et que la position qu'il attribue au genre *Microsciadium* est parfaitement naturelle. Aussi sa manière de voir a-t-elle été suivie par la plupart des botanistes, en particulier par Bentham et Hooker (1) et par M. O. Drude (2). Boissier a plus tard encore

(1) Bentham et Hooker : *Genera plantarum* I, 892 (Londini 1867).

(2) Drude in Engler et Prantl : *Die natürlichen Pflanzenfamilien* III, 8 p. 193 (Leipzig 1897).

comparé le genre *Microsciadium* au genre *Carum* (1), et ce rapprochement a été approuvé par M. O. Drude. Ce dernier place le genre *Microsciadium* dans son groupe *Carinæ*, avec les *Carum*, *Muretia* et *Ptychotis*, à quelque distance des *Ridolfia*.

* * *

C'est encore le même illustre botaniste français, Dumont d'Urville, qui a signalé le premier le *Ridolfia*, sous le nom d'*Anethum segetum*, en le prenant à tort pour l'espèce linnéenne du même nom (2). Plus tard, Gussone en a fait un *Meum*, le *M. segetum* Guss. (3), tandis que Presl le rattachait au genre *Fœniculum*, l'appelant *F. segetum* Presl (4). Mais si les auteurs précédents ont bien décrit l'apparence extérieure de la plante — sur laquelle nous ne revenons pas, parce qu'elle est très connue — les renseignements qu'ils fournissent sur le fruit sont rudimentaires. C'est à Moris que l'on doit la première analyse carpologique (5). Le genre *Ridolfia* possède selon son auteur un fruit linéaire-oblong contracté à la commissure, à stylopode conique, à carpophore bipartit à la fin. Les méricarpes ont 5 côtes primaires filiformes, les dorsales à peine visibles, les latérales (commissurales) marginantes, des vallécules planes univittées, une face commissurale bivittée, un albumen semi-cylindrique, ± plan antérieurement. A la description du *Flora sardoa* est jointe une excellente planche (tab. CXXV), dont les fig. 6, 7, 8 et 9 font voir *grosso modo* l'organisation du fruit conforme à la diagnose. Pour Moris, le genre *Ridolfia* est une Amminée, distincte de tous les autres genres de ce groupe et placée à la fin de la tribu, en contact avec les *Fœniculum*, genre situé lui-même en tête des Sésélinées.

Reichenbach (6) a ajouté à la description de Moris la présence

(1) Boissier : *Flora orientalis* II, 890 (Genevæ 1872).

(2) Dumont d'Urville, op. cit. p. 33.

(3) Gussone : *Floræ siculæ prodromus* I, p. 347 (Neapoli 1828).

(4) Presl : *Flora sicula* I, p. XXVI (Pragæ 1826).

(5) Moris : in *Enumeratio seminum horti r. Taurinensis*, ann. 1841, p. 43 et Flora sardoa II, p. 212, tab. 75 (Taurini 1843).

(6) H. G. Reichenbach : *Icones floræ germanicæ* et helveticæ XXI, p. 38, tab. 91, II. (Lipsiæ 1867).

de « fasciculi lignosi » dans les côtes à peine apparentes, et Boissier (1) a signalé un albumen plus ou moins concave sur la face commissurale.

C'est là tout au point de vue carpologique.

Le genre *Ridolfia* a été conservé par la généralité des botanistes, même par Caruel (2) et par M. Calestani (3), à l'exception de Bentham et Hooker (4) pour lesquels il n'y a là qu'un synonyme des *Petroselinum* envisagés par eux comme section du genre *Carum*.

Nous ne mentionnons que pour mémoire le fait que les genres *Microsciadium* et *Ridolfia* ont été rattachés par Baillon (5) au genre *Carum*, dans lequel cet auteur fait rentrer aussi les *Ptychotis, Petroselinum, Wydleria, Trachyspermum, Trachysciadium, Petrosciadium, Falcaria, Aegopodium, Bunium* etc. etc. Ayant eu l'occasion récemment d'exprimer notre opinion sur cette systématique « à vol d'oiseau », incompatible avec une étude approfondie de la fleur et du fruit, nous n'y revenons pas.

* * *

Ce qui manque encore pour achever de déterminer les affinités des genres *Ridolfia* et *Microsciadium* dans la série des Amminées, c'est une connaissance plus complète de leur carpologie. En effet, on s'est contenté jusqu'à ces derniers temps de faire du fruit une anatomie sommaire qui a souvent laissé passer des caractères importants (présence ou absence de canaux sécréteurs intrajugaux ou de cristaux, distribution des éléments de soutien ; différenciations dans le mésocarpe) ou encore provoqué des erreurs graves (méridocytes confondus avec des canaux sécréteurs dans le genre *Thorella*). Les lignes qui suivent sont destinées à combler cette lacune.

(1) Boissier : *Flora orientalis* II, p. 858 (1872).

(2) Caruel : *Epitome floræ Europae* p. 277 (Florentiae 1897).

(3) Calestani : Contributo alla sistematica delle Ombellifere d'Europa [*Webbia* I, p. 170 (1905)].

(4) Bentham et Hooker, op. cit. I, p. 891.

(5) Baillon : *Histoire des Plantes* VII, p. 118. (Paris 1880).

II

Carpologie du *MICROSCIADIUM MINUTUM* (Urv.) Briquet.

Orientation. — Les fruits du *Microsciadium minutum* sont portés, à la maturité, sur des pédicelles très inégaux : les extérieurs peuvent atteindre jusqu'à 1 cent. de longueur, tandis que les internes sont parfois presque nuls. Tous les pédicelles développés sont épaissis à partir de la base, subclaviformes, de façon que le sommet atteint presque le calibre de la base du fruit situé sur son prolongement. Ce dernier est linéaire, à peu près aussi épais à la base qu'au sommet, long. de 2-2, 2 mm., mesurant au maximum 1 × 0, 5 mm. en section transversale. Le sommet du fruit est tronqué-anguleux et porte dix très courtes pièces calicinales, dont 5 correspondent

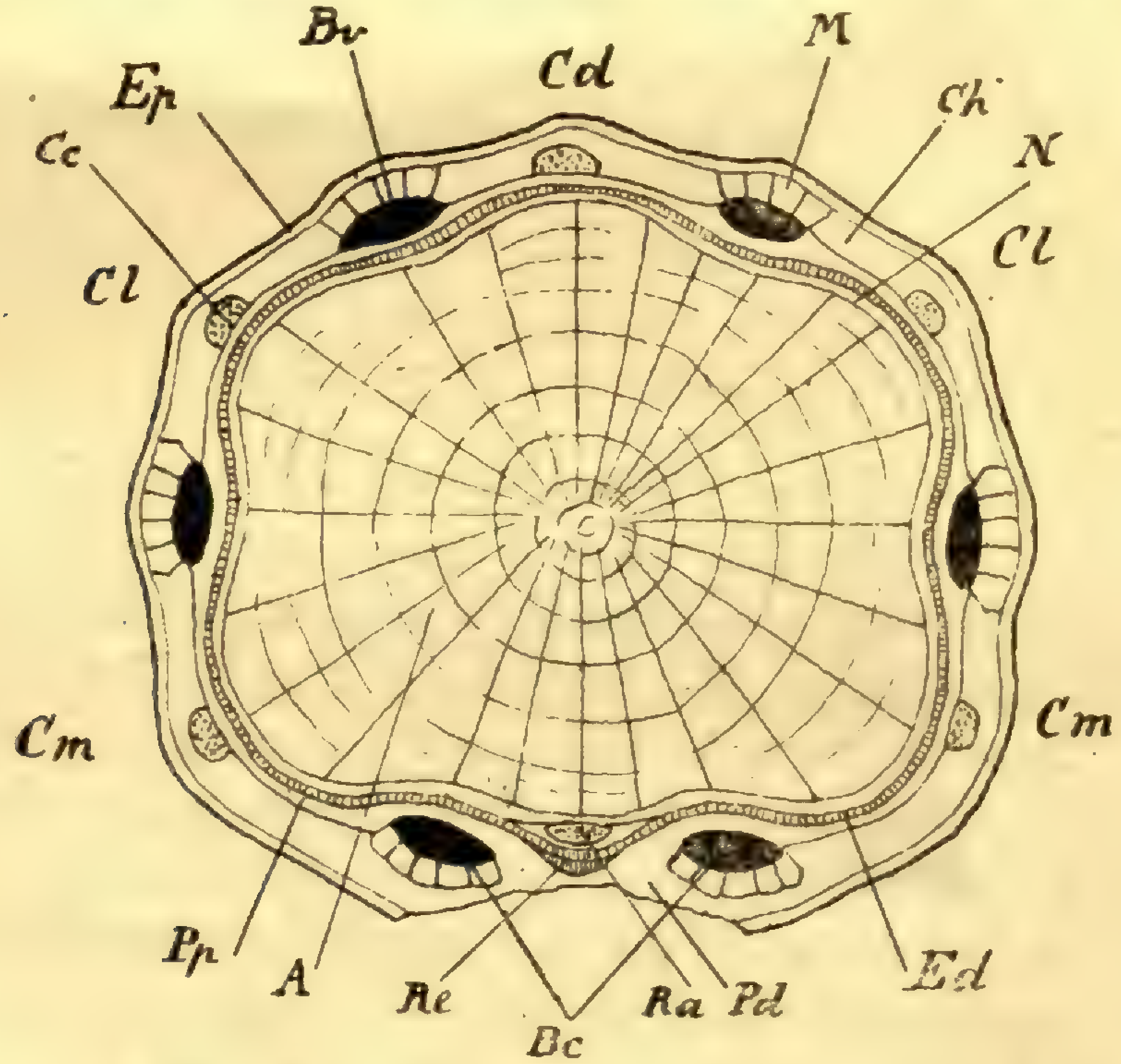


Fig. 1. — *Microsciadium minutum*.. Section transversale d'ensemble d'un méricarpe passant par la région équatoriale du fruit. *C* côtes dorsales *(d)*, latérales *(l)* et commissurales *(m)*, renfermant chacune une colonne costale grêle *Cc* ; *Ep*. épicarpe ; *B* bandelettes valléculaires *(v)* et commissurales *(c)* pourvues chacune d'un arc de méridocytes *M* ; *Ch* chlorenchyme mésocarpique ; *Pp* parenchyme mésocarpique profond ; *Ed* endocarpe ; *A* albumen ; *N* restes écrasés du nucelle ; *Ra* raphé ; *Re* arc de renforcement commissural ; *Pd* parenchyme commissural de désarticulation. — Grossissement 30/1.

aux côtes et 5 surnuméraires correspondent aux bandelettes valléculaires. Ces dents sont brièvement triangulaires-acuminées, hautes

d'environ 0, 2 mm. Dans l'espace circonscrit par les dents s'élève un stylopode cupuliforme, substipité, dont les bords ondulés viennent rejoindre la base des styles.

Les méricarpes se séparent l'un de l'autre sur toute leur longueur, de la base au sommet, et laissent après leur chute un carpophore très brièvement bifide au sommet, long de près de 2 mm., formé d'une colonne de brachystéréides enveloppant deux petits faisceaux. Des coupes en série montrent que la structure ne subit pas de modifications notables aux divers niveaux. Partout la section du méricarpe (fig. 1) est subcirculaire ; le péricarpe est faiblement ondulé en dehors, comme en dedans du côté de la cavité du fruit. Cette cavité renferme un albumen à éléments rayonnant à partir du centre, et enveloppé par les restes écrasés du nucelle et de son tégument. L'albumen épouse les contours du péricarpe : du côté de la commissure, il subit un léger aplatissement général, ce qui rend plus nette encore une saillie locale située en face du carpophore. Les autres saillies correspondent aux 5 côtes dorsale, latérales et commissurales, ainsi qu'aux bandelettes valléculaires. Les régions et tissus à considérer sont : l'épicarpe, le chlorenchyme mésocarpique, les colonnes costales, les canaux sécréteurs valléculaires et le parenchyme mésocarpique profond, les méridocytes, l'endocarpe et le parenchyme de désarticulation.

ÉPICARPE ; STOMATES. — L'épicarpe (fig. 2 et 3) est formé d'éléments peu allongés parallèlement au grand axe du fruit, plus larges que profonds en section transversale. La paroi externe est considérablement épaissie, cuticularisée dans sa région extérieure, couverte d'une cuticule à peine plissée ; les radiales sont minces, un peu épaissies au contact de la paroi externe ; les internes sont très minces. Le lumen est souvent pourvu de chloroplastes, mais ceux-ci sont très peu abondants rélativement au chlorenchyme sous-jacent. Les cellules de l'épicarpe ont un calibre assez constant sur tout le pourtour du méricarpe ; elles sont cependant un peu plus aplaties en face des colonnes costales.

Les stomates (fig. 2), assez nombreux, ont leur ostiole orienté parallèlement au grand axe du fruit et sont disposés en séries longitudinales irrégulières ; on en rencontre sur les côtes, mais ils évitent la région des bandelettes valléculaires. Les cellules de bordure

sont plus petites que les cellules épicarpiques normales. Elles présentent des lumens qui ont, en section transversale, la forme d'un triangle isocèle sphérique, dont le sommet, dirigé vers les lèvres de l'ostiole, serait un peu étiré en col de bouteille. La paroi dorsale des cellules de bordure est extrêmement mince, les externes et surtout les internes très épaisses. L'ostiole comporte une antichambre limitée vers l'extérieur par deux arêtes (becs) très aiguës et formées entièrement par la cuticule, puis une arrière-chambre plus étroite, limitée par deux arêtes beaucoup moins marquées. Les cellules annexes sont plus petites que les cellules épicarpiques normales ; leur paroi extérieure s'amincit au voisinage des cellules de bordure qu'elles enveloppent un peu à la partie inférieure. La chambre respiratoire est, en général, très peu développée ou presque nulle.

Chlorenchyme. — La raison de l'absence de stomates au-dessus des bandelettes valléculaires (fig. 3) doit être cherchée dans le fait que cette région ne contient pas de chlorenchyme. Partout ailleurs, sauf dans la région de désarticulation commissurale, l'épicarpe est sous-tendu par un parenchyme riche en chloroplastes (fig. 2 et 3). Les éléments sont primitivement plus ou moins polyédriques, étirés tangentiellement, mais ils finissent par être plus ou moins écrasés. Même dans cet état, à la complète maturité, ils présentent entre eux, surtout aux angles, des méats aérifères.

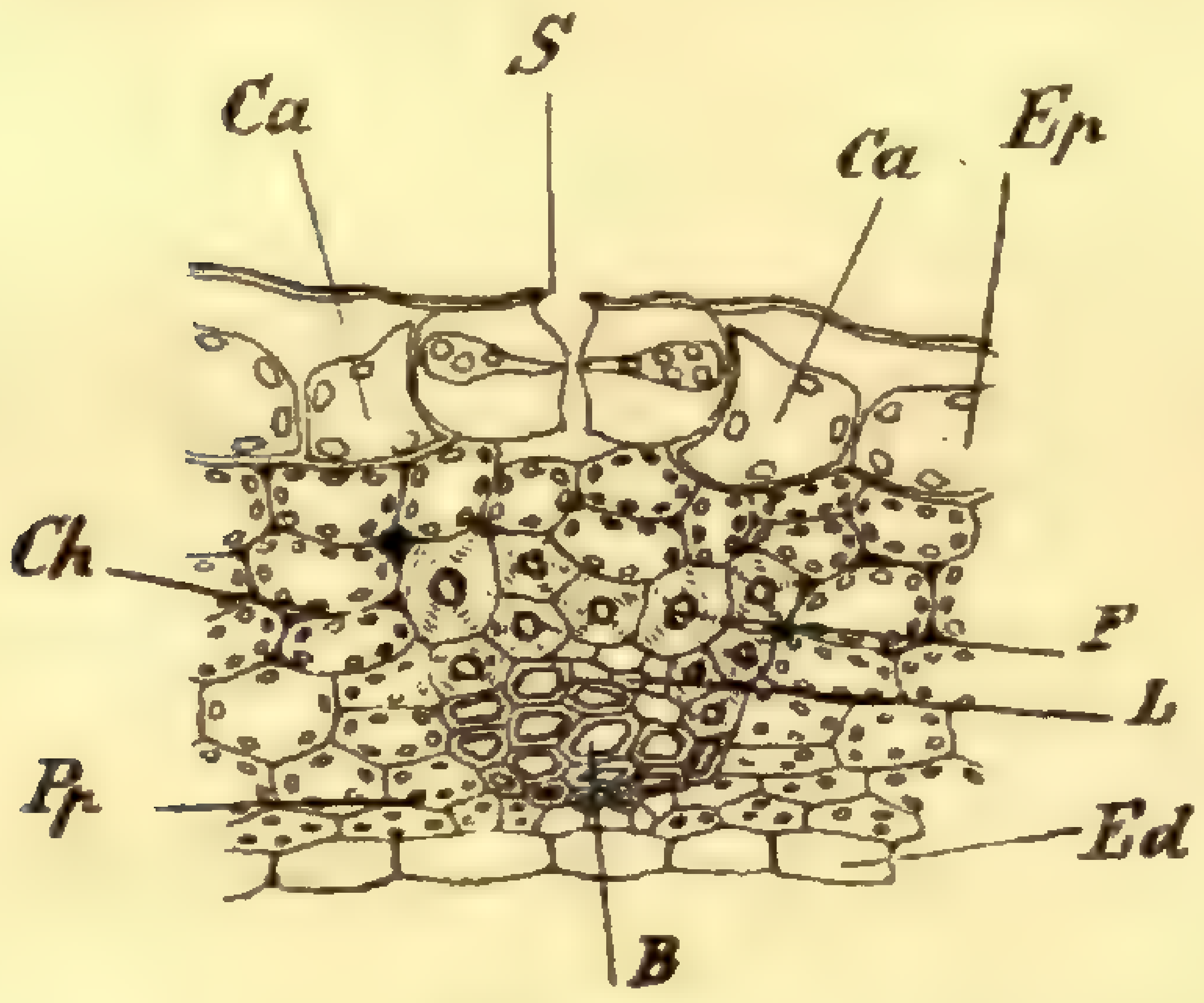


Fig. 2. — *Microsciadium minutum*. Section transversale d'un méricarpe passant par une côte commissurale. La colonne costale est composée d'un faisceau (bois *B* et liber *L*) recouvert de stéréides péricycliques *F* ; *S* stomate avec cellules annexes *Ca* ; *Ep* épicarpe; *Ch* chlorenchyme mésocarpique ; *Pp* parenchyme mésocarpique profond ; *Ed* endocarpe. — Grossissement 390/1.

Le chlorenchyme est, le plus souvent, réduit à une ou deux assises hypodermiques dans les côtes, tandis qu'il comprend plusieurs étages entre les colonnes costales et les bandelettes valléculaires. Dans la profondeur, les éléments sont plus étirés tangentiellement ; ils perdent leurs chloroplastes et passent, graduellement, au parenchyme profond dont il sera question plus loin.

Colonnes costales. — Les colonnes costales (fig. 2), appuyées extérieurement au chlorenchyme, intérieurement au parenchyme profond ou à l'endocarpe, sont extrêmement grêles, de section vaguement elliptique, le grand axe de l'ellipse étant parallèle à l'épicarpe. Elles sont constituées par quelques trachées annelées et spiralées, parfois un vaisseau biponctué, accompagnées de quelques cellules de parenchyme ligneux. Ce xylème très réduit est appliqué contre un groupe de stéréides péricycliques, à parois épaissies parfois jusqu'à presque disparition du lumen, à ponctuations en fente rares. Sur des fruits jeunes on peut reconnaître un petit groupe libérien intercalé entre les fibres et le xylème, mais à la maturité, ces éléments sont écrasés et méconnaissables.

Il n'y a aucune trace de canaux sécréteurs intrajugaux péricycliques.

Bandelettes ; parenchyme profond. — Les canaux sécréteurs (fig. 1 et 3) sont situés dans les vallécules, puis à droite et à gauche du raphé dans la commissure. Encore que volumineux, ils n'occupent pas toute la largeur de la vallécule, mais à peu près un tiers, et sont séparés des colonnes costales voisines par le chlorenchyme. Ils ont, en section transversale, la forme d'une ellipse à grand axe parallèle à l'épicarpe. L'épithèle des canaux est, partout, nettement visible, même à la maturité.

Le parenchyme profond (fig. 2 et 3), aux dépens duquel les canaux sécréteurs se sont différenciés, est constitué, à la maturité, par des éléments très étirés tangentiellement, à parois généralement un peu plus épaisses que celles des cellules du chlorenchyme, et à chloroplastes peu abondants. Ce tissu, fort de 1 à 2 assises, sépare les canaux sécréteurs et les bandelettes costales de l'endocarpe.

Méridocytes. — Nous n'avons pas été peu étonné de retrouver, dans le fruit du *Microsciadium*, les cellules en forme de compartiment dont nous avons, tout récemment, fait l'histoire dans le genre *Thorella* (1). Les méridocytes (fig. 1 et 3) forment ici aussi, au nombre de 3 à 6, un revêtement extérieur aux canaux sécréteurs valléculaires. Plus petits que dans le genre *Thorella*, les méridocytes

(1) Briquet ; *Thorella* etc. p. 33.

ont exactement la même organisation. Ce sont des cellules cubiques, quadrangulaires en coupe transversale et longitudinale, à cloisons cellulosiques minces, mais cependant assez rigides pour ne pas céder aussi facilement à l'écrasement que les éléments parenchymateux voisins, dépourvues de ponctuations. En général, les méridocytes restent sans cloisonnement ; parfois on les voit, cependant, se diviser une fois tangentiellement, mais la cloison ainsi formée reste très mince, et se déchire facilement. Ici aussi, les méridocytes nous ont paru vides à la maturité. De même que chez le *Thorella*, l'huile des canaux sécréteurs pénètre, par imbibition, dans les parois des méridocytes, ce qui donne, en coupe transversale épaisse, des images analogues à celles qui ont fait prendre les méridocytes du *Thorella* pour des canaux sécréteurs supplémentaires.

Nous avions émis, sous toute réserve, l'hypothèse que les méridocytes du *Thorella* pourraient, peut-être, remplir les fonctions de flotteurs. Mais le *Microsciadium* étant une plante qui croît sur les

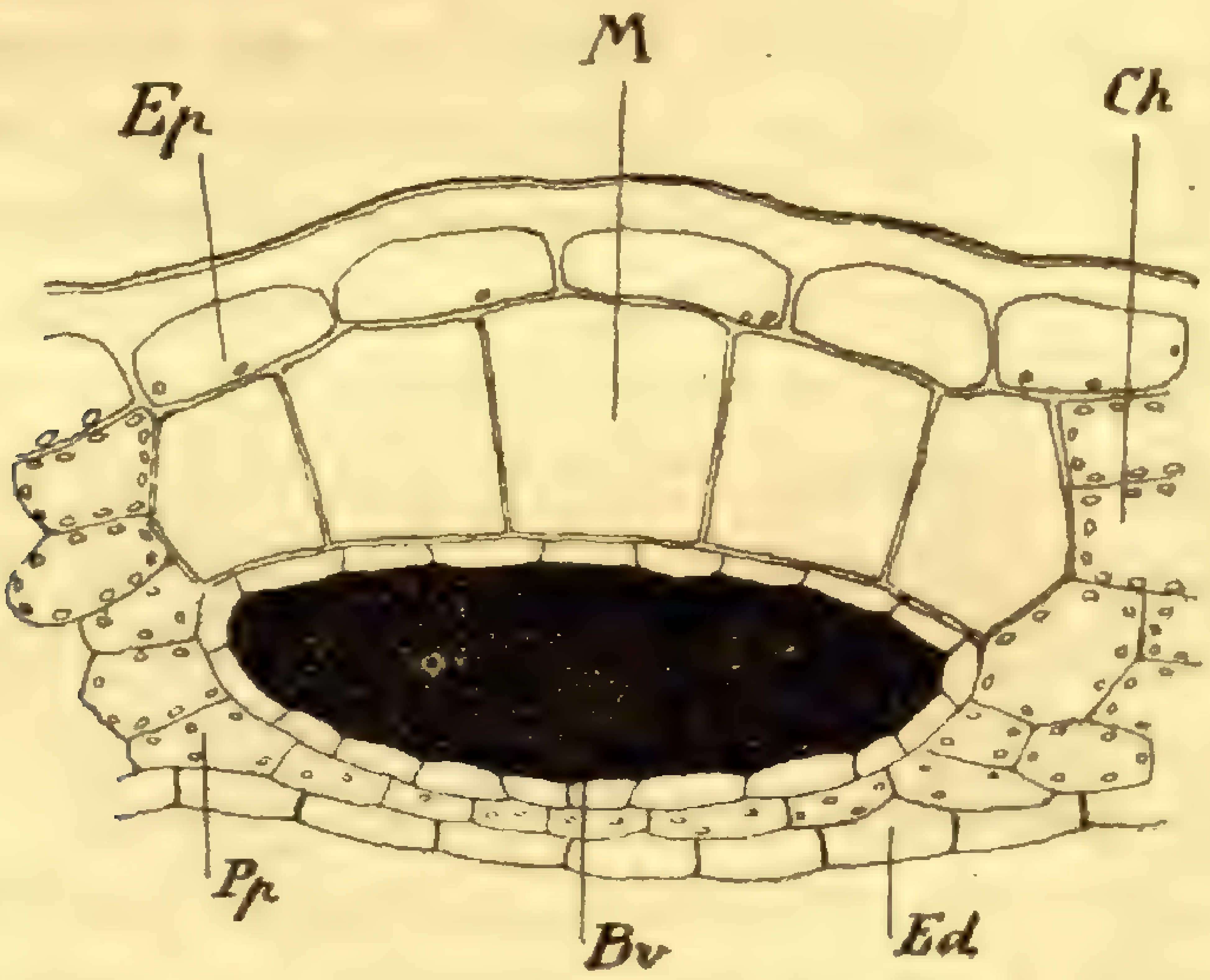


Fig. 3. — *Microsciadium minutum*. Section transversale d'un méricarpe intéressant une vallécule. *Ep* épicarpe ; *M* méridocytes ; *Ch* chlorenchyme mésocarpique ; *Pp* parenchyme mésocarpique profond; *Ed* endocarpe ; *Bv* bandelette valléculaire. — Grossissement 390/1.

flancs des basses montagnes et aucun collecteur ne l'ayant désigné comme plante aquatique ou vivant au voisinage de l'eau, on ne saurait, raisonnablement, songer ici à une fonction de ce genre pour le tissu que nous venons de décrire. Sans renoncer entièrement à la possibilité des fonctions de flotteurs pour les méridocytes du *Thorella*, nous devons reconnaître que les faits nouveaux révélés par l'étude

du *Microsciadium* rendent cette fonction encore plus problématique. Cela étant, nous ne savons pas, pour le moment du moins, trouver d'« explication » biologique ou physiologique à l'intéressante différenciation du parenchyme mésocarpique que constituent les méridocytes.

Les arcs de méridocytes sont, le plus souvent, en contact direct, d'un côté avec l'épicarpe, de l'autre avec l'épithèle des canaux sécréteurs : ils se raccordent latéralement avec le parenchyme mésocarpique par des éléments conjonctifs.

Endocarpe. — L'endocarpe (fig. 2 et 3), qui limite le péricarpe du côté du coelum du fruit, ne se distingue par aucun caractère bien tranché de l'assise la plus interne du parenchyme profond. Il est constitué par des éléments très étirés tangentiellement, à parois internes et externes un peu plus épaisses que les radiales, mais toutes cellulosiques. Ce n'est que dans la région commissurale, au-dessus du raphé, que l'on constate une tendance marquée à la subérisation des parois radiales de l'endocarpe. En ce point, l'endocarpe forme un arc désigné d'ailleurs à l'attention par le fait que ses éléments sont subisodiamétriques, plus volumineux aux extrémités de l'arc qu'au milieu, à parois un peu épaissies ; l'arc est d'ailleurs renforcé par quelques cellules du parenchyme mésocarpique voisin dont les parois sont aussi plus ou moins épaissies et lignifiées.

Tissu de désarticulation. — Le parenchyme commissural à gros éléments polyédriques, plus ou moins incolores, est déchiré à la maturité, sans que la désarticulation soit préparée dans le parenchyme d'une façon spéciale. L'oxalate de chaux se rencontre dans ces éléments, sous forme de mâcles irrégulières, mais en très petite quantité. Il arrive souvent que, même avec le secours de la lumière polarisée, on n'en rencontre pas une seule sur une coupe donnée.

III

Carpologie du *RIDOLFIA SEGETUM* Moris.

Orientation. — Le fruit est oblong-linéaire, cylindrique, lisse, haut de 2 à 2,5 mm. selon les provenances ; dans la région équatoriale, la section mesure env. 1,3 × 1 mm. Le sommet tronqué est

couronné par un stylopode élargi en disque à bords ondulés, subsessile, presque aussi large que le fruit. Le disque se soulève dans sa partie centrale et porte deux styles qui, à la maturité, sont complètement divariqués et couchés sur le stylopode, dont ils atteignent les bords. Pendant l'anthèse, ces styles sont très courts, faiblement inclinés et ne développent que très tardivement à leur sommet des papilles : la protandrie est très accentuée.

Les bords du plateau qui porte le carpophore sont anguleux, mais il n'y a aucune trace de formation de pièces calicinales.

Avant la complète maturité, on voit déjà les méricarpes se détacher du carpophore filiforme, hyalin, et précocement bifide jusqu'à la base. La désarticulation des méricarpes commence par la région équatoriale, elle se poursuit ensuite vers le bas et vers le haut ; on voit les méricarpes rester suspendus assez longtemps par la tête à l'extrémité d'un fil carpophorique long de 2 mm. environ. Ces détails avaient déjà été parfaitement vus et figurés par Moris.

Les méricarpes ont une forme assez différente, en section transversale, selon qu'on fait passer la coupe au voisinage de la base et du sommet, ou dans les régions intermédiaires. Partout la face commissurale est plus ou moins plane avec tendance à devenir concave, tandis que le méricarpe est circonscrit sur le dos et les flancs par une ligne circulaire plus ou moins ondulée, les saillies correspondant aux côtes et aux bandelettes valléculaires. Aux extrémités du fruit, la section des méricarpes est subisodiamétrique (fig. 4.) ; à mesure que l'on s'éloigne des extrémités, le diamètre commissural augmente et atteint rapidement, surtout à la maturité, près du double du diamètre perpendiculaire à la commissure (fig. 5). La section transversale du méricarpe et surtout celle de l'albumen sont alors réniformes.

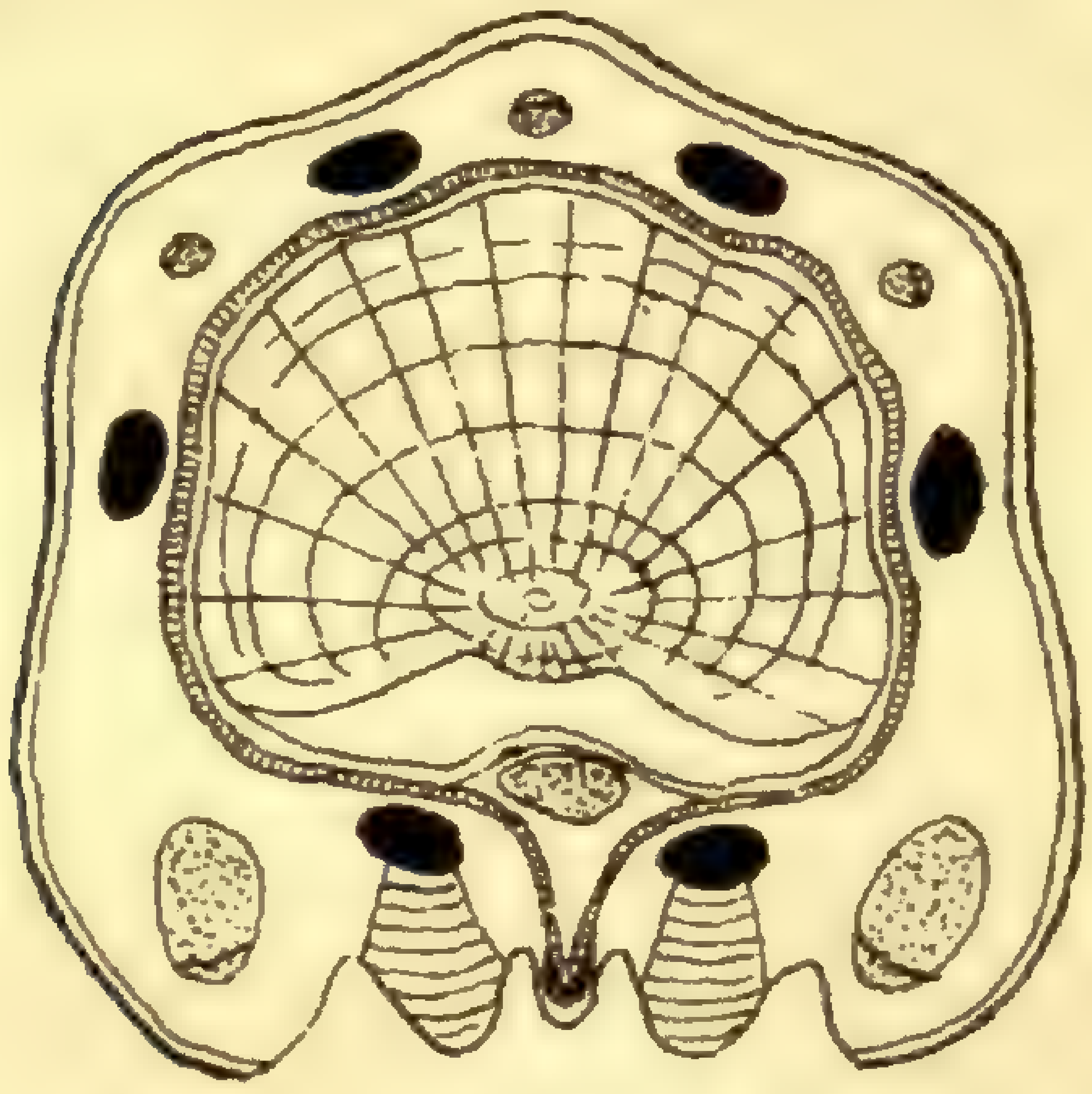


Fig. 4. — *Ridolfia segetum*. — Section transversale d'ensemble d'un méricarpe passant vers le sommet du fruit. Voy. la légende de la figure 5. — Grossissement 16/1.

Les méricarpes du *Ridolfia* sont hétéropleurés : les côtes dorsale et latérales sont à peine indiquées par une légère ondulation, tandis que les commissurales sont bien plus volumineuses et saillantes du côté

de la commissure (fig. 4 et 5). De ce côté, la ligne qui limite chaque méricarpe est d'ailleurs fortement ondulée. Elle présente en effet, outre les deux saillies formées par les côtes commissurales, une saillie médiane correspondant au raphé, et deux saillies intermédiaires correspondant aux deux bandelettes commissurales. Des sinus (fig. 5, a — a^3) qui séparent ces cinq saillies commissurales, les plus profonds sont ceux qui flanquent la saillie raphéale.

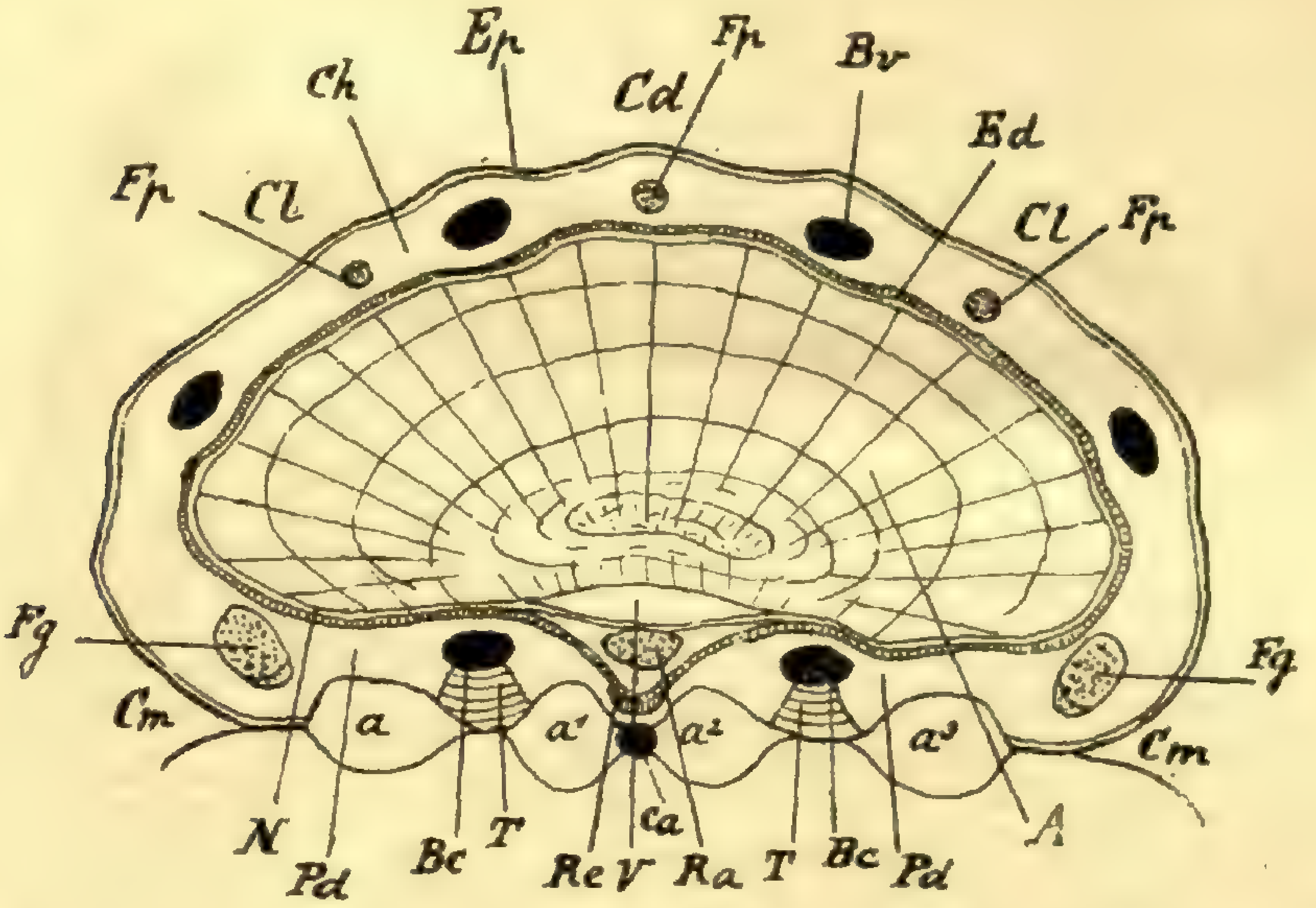


Fig. 5. — *Ridolfia segetum*. Section transversale d'ensemble d'un méricarpe passant par la région équatoriale du fruit. *Cd* côte dorsale et *Cl* côtes latérales renfermant chacune une petite colonne costale *Fp* ; *Cm* côtes commissurales pourvues chacune d'une colonne costale volumineuse *Fg* ; *Ep* épicarpe ; *Ch* chlorenchyme mésocarpique ; *Bv* bandelettes valléculaires ; *Bc* bandelettes commissurales surmontées chacune d'une saillie de cellules à épaississements *T* ; *Ed* endocarpe ; *N* restes écrasés du nucelle ; *A* albumen ; *V* vacuum ; *Ra* raphé ; *Re* arc de renforcement commissural ; *Pd* parenchyme commissural de désarticulation ; *Ca* carpophore ; a — a^3 méats commissuraux. — Grossissement 16/1.

Les tissus du fruit doivent être étudiés avant la maturité complète ; quand celle-ci est arrivée, le mésocarpe est généralement écrasé et souvent ratatiné, l'image d'ensemble étant (à un faible grossissement) à peu près celle que Moris a figurée. C'est en tenant compte de cette observation que nous décrivons successivement : l'épicarpe et les stomates, le parenchyme mésocarpique et les bandelettes valléculaires, les colonnes costales, l'endocarpe, le parenchyme de désarticulation et l'albumen, ce classement permettant une comparaison rapide avec l'organisation décrite dans le fruit du *Microsciadium*.

Épicarpe; stomates. — Les cellules de l'épicarpe (fig. 6) sont

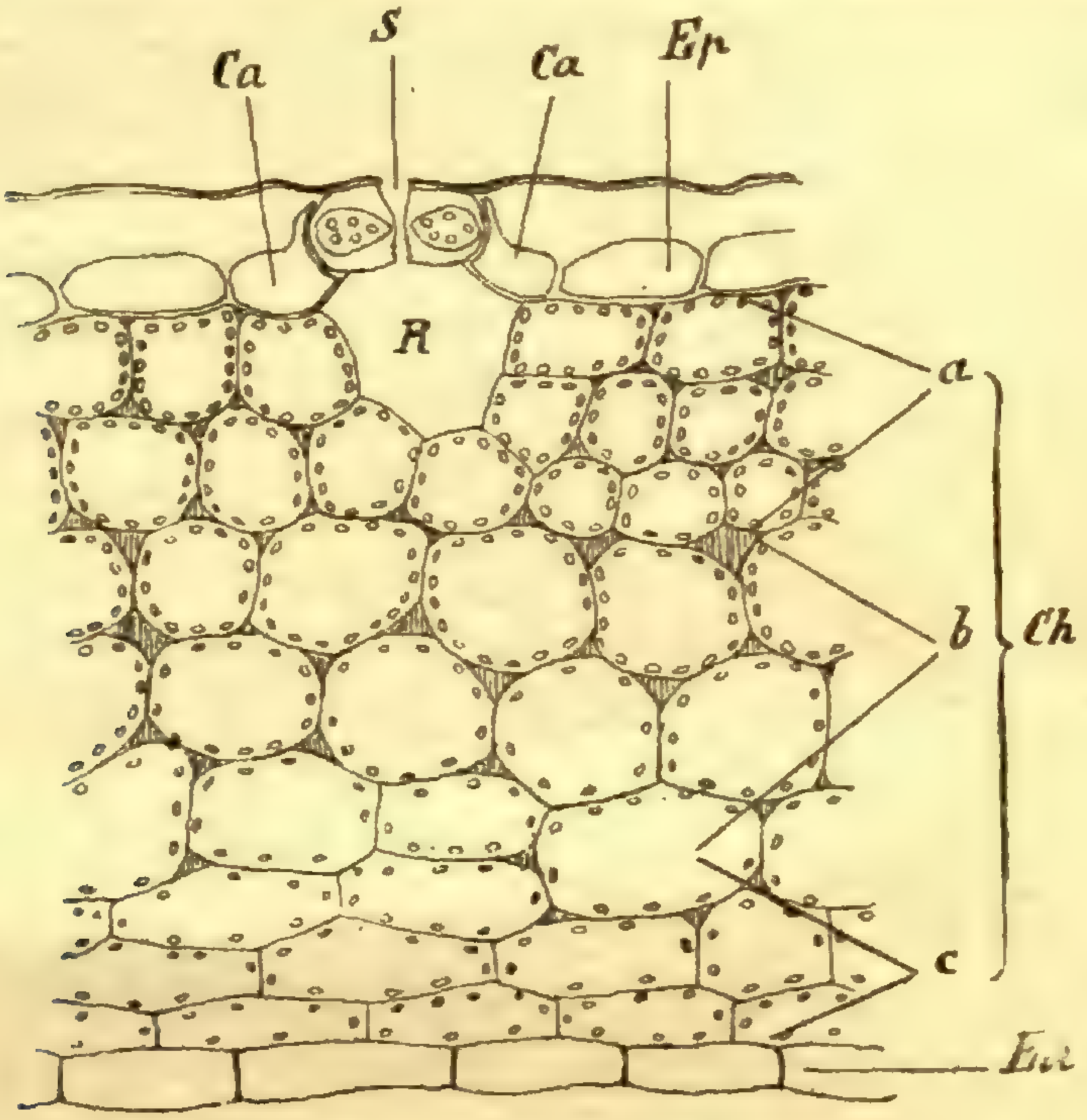


Fig. 6. — *Ridolfia segetum*. Section transversale d'un méricarpe passant entre une côte latérale et une bandelette valléculaire. *Ep* épicarpe ; *S* stomate avec cellules annexes *Ca* et chambre respiratoire *R*; *Ch* chlorenchyme mésocarpique comprenant une région externe très chlorophyllifère *a*, une région macrocytique *b*, et une région interne à éléments étirés peu chlorophyllifères *c*; *Ed* endocarpe. Grossissement 390/1.

relativement volumineuses, à parois radiales et internes très minces, à parois externes très épaisses, à épaisseur atteignant et dépassant même parfois la hauteur du lumen sous-jacent, formées d'une cellulose à allures collenchymateuses, surmontées d'une cuticule lisse. Elles contiennent régulièrement des chloroplastes plus ou moins abondants. Le calibre des éléments de l'épicarpe reste le même sur tout le pourtour du méricarpe, sauf au-dessus des côtes commissurales où les cellules sont notablement plus petites.

Les stomates (fig. 6) sont abondants et répartis sur toute la périphérie du méricarpe, sans distinction de côtes et de vallécules, l'ostiole étant parallèle au grand axe du fruit. Les cellules de bordure sont plus petites que les éléments épicarpiques normaux, parfois un peu surélevées. Elles possèdent un lumen à peu près sphérico-triangulaire en section transversale, à pointe dirigée vers l'ostiole un peu plus aiguë. La paroi interne est plus épaisse que l'externe. Les arêtes sont peu différentes aux entrées eisodiale et opisthodiale, peu

aiguës et déterminant par conséquent en avant et en arrière de l'ostiole une antichambre et une arrière-chambre faiblement marquées. Les arêtes externes ont leur bord formé par la cuticule.

Les cellules annexes sont plus petites que les autres cellules épicarpiques : leur lûmen remonte en corridor sur le dos des cellules de bordure du stomate.

CHLORENCHYME ; BANDELETTES. — Le mésocarpe est entièrement constitué, à part les bandelettes et les colonnes costales, par une épaisse couche de parenchyme à éléments primitivement polyédriques, mais dont les angles s'arrondissent rapidement, déterminant de nombreux méats aérifères. Ce parenchyme est assez abondamment pourvu de chloroplastes et est en général macrocytique. Les éléments vont en augmentant de calibre de l'épicarpe vers l'intérieur, puis ils diminuent de nouveau en s'étirant tangentiellement au voisinage de l'endocarpe. Sous les stomates, le chlorenchyme s'écarte pour former de spacieuses chambres respiratoires.

Les canaux sécréteurs valléculaires sont situés dans la région profonde, à éléments plus petits et plus étirés, du chlorenchyme. Ils sont pourvus d'un épithèle à éléments assez gros, ont une forme elliptique, à grand axe de l'ellipse parallèle à l'endocarpe et n'occupant guère qu'un cinquième de l'espace qui sépare l'une de l'autre deux colonnes costales. Les deux bandelettes valléculaires ont une organisation analogue ; elles sont rapprochées de la ligne raphéale.

COLONNES COSTALES. — De section transversale plus ou moins circulaire, entièrement plongées dans le chlorenchyme, séparées de l'épicarpe par une épaisse couche de ce dernier tissu, très rapprochées de l'endocarpe, les colonnes costales se présentent différemment selon que l'on considère les côtes dorsale et latérales ou les côtes commissurales. Chez les premières, le calibre est faible, le xylème forme une masse de parenchyme microcytique renfermant des trachées annulées et spiralées et des vaisseaux biponctués peu nombreux et à parois faiblement sclérifiées, inactives ou presque inactives en lumière polarisée, auquel succède à l'extérieur un phloème réduit. Chez les secondes au contraire, il existe un xylème volumineux, à éléments beaucoup plus fortement sclérifiés et à parois s'illuminant brillamment en lumière polarisée, les nicols étant

croisés. En outre, chez ces dernières, la colonne a son liber orienté du côté de la commissure, orientation qui cadre avec celle des côtes commissurales. Dans les unes comme dans les autres, il n'y a pas de bandettes péricycliques (intrajugales).

Endocarpe. — L'endocarpe (fig. 6 et 7) est formé d'éléments parallélipipédiques, de section transversale rectangulaire, étirés tangentiellement, à parois minces. Ces parois ont une tendance à la subérisation — cas fréquent chez les Ombellifères — les parois radiales montrant plus ou moins nettement des taches de Caspary.

Au-dessus du raphé, l'endocarpe décrit un arc saillant fortement vers la commissure, à éléments subisodiamétriques, à parois plus épaisses et plus fortement subérisées. Cet arc, renforcé extérieurement par une rangée de petits éléments mésocarpiques lignifiés, fournit une excellente obturation de la région commissurale.

Tissu de désarticulation. — Le tissu de désarticulation est constitué par un parenchyme à gros éléments, pourvus de chloroplastes amylogènes plus ou moins abondants, peu différents des autres éléments du mésocarpe.

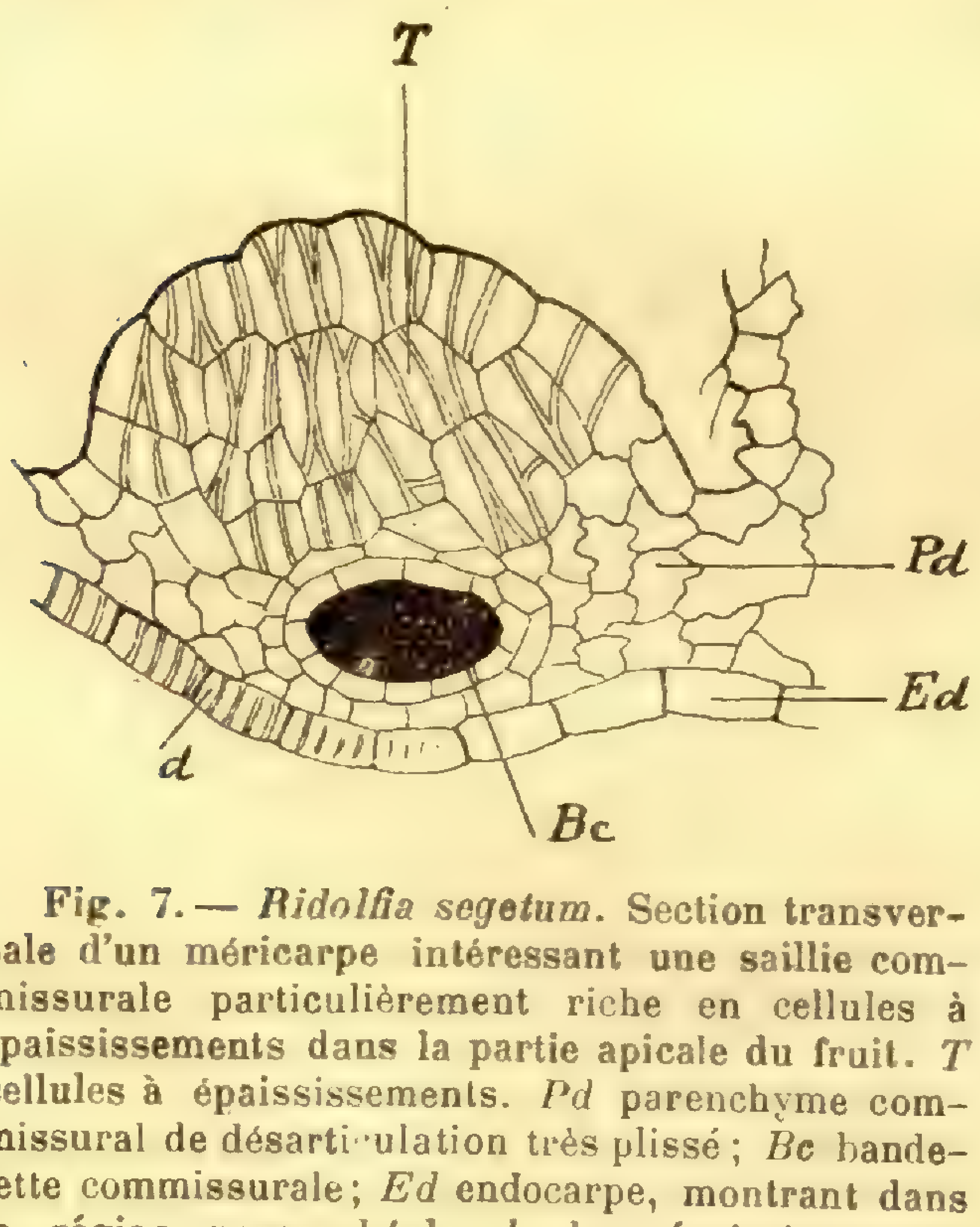


Fig. 7. — *Ridolfia segetum*. Section transversale d'un méricarpe intéressant une saillie commissurale particulièrement riche en cellules à épaississements dans la partie apicale du fruit. *T* cellules à épaississements. *Pd* parenchyme commissural de désarticulation très plissé ; *Bc* bandelette commissurale; *Ed* endocarpe, montrant dans la région pararaphéale *d* des épaississements annulaires. — Grossissement 390/1.

Ce qui est intéressant dans le *Ridolfia*, c'est la présence d'*éléments à épaississements* dans la région commissurale. Les régions privilégiées au point de vue des épaississements, ce sont les deux saillies qui flanquent la commissure sur le dos des bandelettes commissurales, et tout spécialement à la base et au sommet du fruit (fig. 7). Ici les cellules sont assez grosses, à membranes *lignifiées* —

ce qui n'est pas le cas dans les régions parenchymateuses voisines — et un peu plus épaisses. Elles ne s'illuminent pas ou à peine en lumière polarisée, les nicols étant croisés, tandis que les éléments scléreux des colonnes costales voisines s'illuminent brillamment. Les membranes sont pourvues de bandes peu épaisses, mais assez larges, en forme d'U ou en forme d'anneau complet ou avec une tendance à la formation d'une spire. Souvent, la bande se bifurque, à la base et au sommet, de sorte que le dessin prend dans son ensemble l'apparence d'un réseau plus ou moins lâche. Les épaississements sont pour la plupart orientés perpendiculairement au plan de la désarticulation, ou encore, ils tendent à converger vers le sommet de la saillie. On en voit sans doute aussi qui sont croisés avec les précédentes et plus ou moins parallèles au plan de la désarticulation, mais ces derniers sont beaucoup plus rares.

Dans la région basilaire et apicale du fruit, on voit des épaississements analogues, assez serrés, caractériser l'endocarpe sur les flancs extérieurs de l'étui raphéal, du côté des bandelettes commissurales.

Enfin, une tendance à la formation d'épaississements se remarque, mais plus faiblement marquée, dans les côtes commissurales, surtout aux extrémités du fruit : on les trouve là, non seulement dans le parenchyme mésocarpique, mais encore dans l'épicarpe. Les éléments à bandes d'épaississement situés dans les côtes commissurales ne sont pas lignifiés.

Ces éléments à épaississements existent donc dans les saillies commissurales correspondant aux deux côtes et, à un degré plus marqué, aux deux bandelettes, mais elles manquent dans la saillie correspondant au raphé, laquelle est plus petite que les quatre précédentes.

L'interprétation de ces faits — qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été signalés chez les Ombellifères — n'est guère douteuse. La présence d'éléments à épaississements et la distribution de ces derniers est en rapport avec la désarticulation des méricarpes. Celle-ci s'effectue avec déchirure, donc violemment. Elle est facilitée par le fait que la région commissurale possède des régions où le parenchyme est moins résistant (sinus) et d'autres où il est plus résistant (saillies). La dessiccation amène un collaps plus rapide des cellules dans les premières que dans les secondes, d'où formation

dans le plan de la commissure d'une trame de moindre résistance à la déchirure, (fig. 7, a-a^3), analogue à celle d'une lame pointillée par perforation. Les deux méricarpes se courbant de façon à devenir bombés longitudinalement du côté extérieur, et un peu concaves dans la même direction sur leur face ventrale, on comprend que le dispositif décrit facilite la désarticulation. Au cours de la dessiccation, les parois pourvues de bandes d'épaississement, se plissent moins que celles qui en sont dépourvues ou qui en ont peu, les plissements sont donc plus abondants dans les plans parallèles à la commissure que dans les plans perpendiculaires à celle-ci. Indépendamment des mouvements passifs qui en résultent et qui amènent la déchirure des éléments parenchymateux voisins, qui eux sont fortement contractés-plissés, il est probable que des contractions et des distensions microscopiques, moins sensibles, sans doute, s'effectuent aussi dans les membranes pourvues d'épaississements. Il y a là matière à des observations ultérieures poursuivies sur le vif.

D'une façon générale, tout le mécanisme de la désarticulation des méricarpes chez les Ombellifères mériterait de faire l'objet d'un travail d'ensemble fort intéressant et qui n'a pas encore été tenté jusqu'à aujourd'hui.

Le parenchyme de désarticulation renferme quelques cristaux d'oxalate de chaux cubiques ou à peine mâclés, qui ne manquent, croyons-nous, dans aucun fruit, mais qui ne peuvent souvent être facilement reconnus qu'en étudiant les coupes dans la lumière polarisée.

Albumen. — L'albumen exige ici une mention spéciale, non pas au point de vue histologique qui n'offre rien de bien particulier, mais à cause de sa forme en section transversale. La coupe est nettement réniforme, l'albumen est concave du côté commissural. La concavité est plus marquée, il est vrai, vers le base et vers le sommet, que dans la région équatoriale ; mais elle existe toujours. De même, le nucelle, au sein duquel l'albumen est né, est pourvu d'un sillon commissural dans lequel est placé le raphé, sillon plus profond à la base et au sommet du fruit, plus faible mais encore reconnaissable dans la région équatoriale. Le fruit du *Ridolfia* est donc *subcampylosperme*.

IV

Systématique.

Revenant maintenant à la question des affinités des genres *Microsciadium* et *Ridolfia*, nous devons constater d'emblée : 1° que ces deux groupes s'écartent foncièrement du genre *Ammoides* par l'organisation des pétales, chez lesquels la languette, lorsqu'on la redresse, est située sur le prolongement de l'échancrure apicale et non pas largement insérée sur un pli transversal. Les analogies dans le fruit sont d'ailleurs limitées, car le *Microsciadium* s'écarte des *Ammoides* par la présence de méridocytes, tandis que les *Ridolfia* en diffèrent par l'hétéropleurie des méricarpes subcampylospermes. Le genre *Ammoides* n'a donc pas une affinité étroite avec les *Microsciadium* et les *Ridolfia*, et doit être éliminé. 2° C'est encore une ressemblance limitée que l'on constate quand on compare l'un avec l'autre les genres *Ridolfia* et *Microsciadium*. Tous deux possèdent sans doute des fruits linéaires, des côtes extérieures à peine marquées, à colonnes costales grêles sans canaux intrajugaux, des vallécules univittées dépourvues de tissu squelettaire propre. Mais il existe de grandes différences : l'un a dix pièces calicinales, l'autre a un calice nul ; le *Microsciadium* possède un stylopode substipité en forme de coupe et un carpophore brièvement bifide au sommet, le *Ridolfia* un stylopode en plateau subsessile et un carpophore bipartit jusqu'à la base ; les méricarpes du *Microsciadium* sont homopleurés, le *Ridolfia* les a hétéropleurés ; l'un a des bandelettes valléculaires bordées d'un arc de méridocytes, l'autre n'a pas de méridocytes ; chez l'un la désarticulation des méricarpes se fait sans le secours de cellules à épaississements, chez l'autre il existe des cellules à épaississements ; enfin l'un est orthosperme, l'autre subcampylosperme.

Il convient donc de rechercher les affinités de ces deux genres envisagés isolément, et ne pas perdre de vue que les résultats de cette recherche seront susceptibles d'être modifiés ultérieurement. Il s'en faut en effet, et de beaucoup, que la carpologie des Amminées soit à ce point connue que l'on puisse faire des rapprochements constamment précis. Nos récentes recherches ont en effet montré que des espèces ont été souvent rapportées à des genres auxquels

elles n'appartiennent ni par l'organisation des pétales, ni par celle du fruit, et que sous un nom donné se cachent parfois des types de structure très différente.

Sous réserve des observations précédentes, il nous semble que l'on ne peut placer le genre *Ridolfia*, comme l'a fait M. O. Drude, dans le groupe des Amminées vraies *(Amminæ genuinæ)*. La section du fruit, sauf à la base et au sommet, est presque circulaire, montrant des méricarpes bien plus larges selon le diamètre commissural que selon le diamètre antéro-postérieur. C'est la raison pour laquelle Reichenbach en avait fait une Sésélinée (1). C'est sans doute aussi pour cette raison que Moris (2) avait placé ce genre à la fin des Amminées vraies, établissant ainsi le contact avec le genre *Fœniculum* parmi les *Orbisectiles*, qui embrassent précisément les *Seseli*, *Œnanthe* et groupes voisins (Sésélinées de Koch).

Nous pensons que Reichenbach a correctement jugé. L'hétéropleurie des côtes marginales rappelle le dispositif réalisé chez les *Æthusa* et les *Œnanthe*, le caractère subcampylosperme du fruit est souvent réalisé chez les Sésélinées; et parmi ces dernières, c'est effectivement avec le genre *Fœniculum* que l'affinité est la plus grande. Les *Ridolfia* diffèrent essentiellement des *Fœniculum* par l'hétéropleurie très marquée, les côtes dorsale et latérales étant à peine saillantes, à colonne costale très grêle, tandis que les commissurales sont épaisses, saillantes, à colonne volumineuse. Les rapports du genre *Ridolfia* avec les Sésélinées sont en tous cas plus étroits qu'avec les Amminées vraies, malgré le contraction du fruit à la commissure, contraction qui avait empêché Moris (3) d'adopter ce point de vue : il reste réservé aux recherches carpologiques futures de montrer la place exacte qu'il doit occuper dans ce groupe.

Tout autre est la solution en ce qui concerne le genre *Microsciadium*. Ici, il n'y a pas de doute que nous n'ayons affaire à une Amminée vraie : les pétales obcordés, à languette infléchie, élargie, subrétuse au sommet, ainsi que la forme et l'organisation générale du fruit le placent, comme l'a indiqué M. O. Drude, au voisinage immédiat du genre *Carum*, dont il diffère toutefois nettement par les

(1) H. G. Reichenbach, op. cit. p. 38.

(2) Moris : *Flora sardoa* II, p. 213.

(3) Moris, l. c.

méricarpes à côtes très réduites, la présence d'arcs de méridocytes appuyés aux bandelettes valléculaires, la présence de 5 + 5 pièces calicinales et le carpophore substipité en forme de coupe.

Les caractères des deux genres que nous venons d'étudier peuvent être résumés comme suit :

Microsciadium (1) Boiss. in *Ann. sc. nat.*, sér. 3, I, 141 (1844). — Flores hermaphroditi. Calicis dentes 5 accessoriis e sinubus ortis 5 additi, in toto 10, acuti, brevissimi. Petala profunde bipartito-obcordata, lacinula inflexa lato-lineari brevi sinu ipso exorta apice ampliato-subemarginata. Discus : stylopodium substipitatum cupulatum margine lobulatum fructu augustius. Styli erecti. Fructus lævis, a latere compressus, lineari-elongatus, apice truncatus, dentibusque calicinis brevissime coronatus; carpophorum apice breviter bifidum. Mericarpia lineari-cylindrica, sectione undulato-suborbicularia, jugis primariis 5 lenissime prominulis, commissuralibus marginantibus, columnis costalibus minimis, vittis intrajugalibus pericyclycis destitutis ; vittæ valleculares solitariæ mediocres, extus et intus leviter prominulæ, extus arcu meridocytorum 3-6 obditæ ; vittæ commissurales 2 eadem forma meridocytisque præditæ. Semen subteres, facie commissurali haud sulcatum. — Herba Archipelagi orientalis et Anatoliæ subinodora, annua, glabra, pumila, foliorum laciniis setàceis, involucris subnullis, involucellis ± pentaphyllis setaceis, pedicellis valde inæqualibus post anthesin clavato-incrassatis, floribus albis.

M. minutum Briq. (2) = *Cuminum minutum* Urv. *Enum. pl. Arch.* 32 (1822) = *Microsciadium tenuifolium* Boiss. in. *Ann. sc. nat.* sér.3, I, 141 (1844).

Ridolfia (3) Moris *Enum. sem. hort. r. Taurin.* ann. 1841, 43 et *Fl. sard.* I, 212, tab. 75. — Flores hermaphroditi. Calicis dentes obsoleti. Petala ovata, subemarginato-reflexa, lacinula corpori petali fere æquilata inflexa apice subquadrato-retusa. Discus : stylopodium crassum, subconicum, fere sessile, fructui æquilatus.

(1) De μικρός, petit et σκιάδιον, ombelle.

(2) Combinaison de noms conforme aux *Règl. intern. nomencl. bot.* art. 48.

(3) « Genus nuncupavi Viro de agrariis disciplinis optime merito, Marchioni et Equiti commendatario *Cosmo Ridolfio*, in I. et R. Pisana Academia Agronomiae Professore praestantissimo. ». Moris. l. c.

Styli breves, demum divaricati. Fructus lineari-oblongus, subteres, a latere non compressus, sed ad commissuram contractus, apice truncatus; carpophorum ad basin usque bifidum. Mericarpia transverse secta semiorbicularia, heteropleura : juga dorsale lateraliaque vix prominula columna costali minuta prædita, juga commissuralia erga commissuram versa majora columna costali valida prædita, omnia vittis intrajugalibus destituta ; vittæ valleculares solitariæ mediocres, extus et intus leviter prominulæ cum commissuralibus 2 meridocytis haud comitatæ in chlorenchymate immersæ; parenchyma commissurale cellulis annulariter vel subannulariter incrassatis præsertim extra vittas præditum. Semen sectione transversali reniforme, ad raphem ± concavum vel subsulcatum. — Herba valida, annua, mediterranea, glabra, foliorum laciniis filiformibus, involucris involucellisque nullis subnullisve, 30-40 radiata, pedicellis saepius subæqualibus, floribus flavidis.

R. segetum Moris l. c. (1841) = *Anethum segetum* Urv. *Enum. pl. Archip.* 33 (1822); non L. = *Fœniculum segetum* Presl *Fl. sic.* I, XXVI (1826) = *Meum segetum* Guss. *Fl. sic. prodr.* I, 347 (1828) = *Carum Ridolfia* Benth. et Hook. *Gen. pl.* I, 891 (1867) = *Carum segetum* Dayd. Jacks. *Ind. Kew.* I, 446 (1893).

LE ROLE DU CALCIUM
DANS LA VÉGÉTATION FORESTIÈRE

par M. Lucien CHANCEREL
Docteur ès sciences.

I
Considérations générales.

L'importance du calcium dans la végétation ligneuse se conçoit *à priori ;* le bois contient beaucoup plus de calcium que de potassium, avec très peu de phosphore ; les végétaux forestiers emploient pour leur organisation annuelle bien plus de calcium que les végétaux agricoles ; les feuilles et l'écorce particulièrement se chargent de calcium ; le fait est surtout sensible pour les jeunes plants forestiers, chez lesquels la proportion de ce corps est considérablement plus grande que dans les bois âgés.

Ce sont les liquides du sol qui fournissent au végétal forestier des solutions de bicarbonate et de nitrate de calcium. Cet élément se combine aux acides végétaux, notamment à l'acide oxalique, ou, par dissociation du bicarbonate, s'accumule comme carbonate neutre dans les organes de transpiration tels que les feuilles et les écorces.

Le calcium entre dans la constitution de la lame moyenne des éléments du bois.

Ainsi, le bois des Conifères est composé chimiquement de cellulose, de matières pectiques, de lignine, de callose, et de sels minéraux divers ; la lamelle moyenne des cellules est formée, en grande partie, de *pectate de calcium.*

Si on analyse un végétal ligneux, on trouve dans ses cendres : de l'azote, du soufre, du phosphore, du chlore, du silicium, du potassium, du magnésiun, du fer, du sodium, du calcium.

L'azote, le magnésium, le fer, le sodium n'entrent que pour très peu dans la constitution du végétal ligneux ; d'ailleurs, le magnésium et le fer se trouvent en quantité toujours suffisante dans le sol forestier.

Le chlore ne paraît pas indispensable.

Le silicium ne fait jamais défaut.

Le soufre et le potassium, nécessaires à l'évolution complète de la plante, ne s'y incorporent que suivant une part extrêmement faible ; on rencontre d'ailleurs le potassium et le soufre dans tous les terrains, à la dose utile aux végétaux forestiers, spécialement dans les sols granitiques.

Le phosphore est employé en quantité minime dans la formation des tissus ligneux.

Reste le *calcium*.

Le raisonnement nous conduit ainsi à considérer ce dernier corps comme le plus important pour la croissance des végétaux forestiers ; ce que cherche avant tout, en effet, le sylviculteur, c'est la production la plus rapide, dans le minimun de temps, de *la plus grande masse de bois*.

Il est important de confirmer ces déductions par l'expérimentation.

II

Méthodes d'expérimentation.

Nous avons cultivé des végétaux ligneux variés :

1° en *eau distillée pure* contenant les solutions diverses des substances d'essai,

2° en *sol artificiel*,

3° en *terrain naturel*.

Les principales essences mises en expérience étaient le Chêne pédonculé, le Bouleau commun, le Peuplier tremble, le Hêtre, le Frêne commun, l'Aune glutineux, le Charme commun, le Sapin pectiné, les Pins maritime, sylvestre et noir, les boutures de Saule viminal et de Laurier rose.

Les substances minérales essayées comparativement étaient entre autres : le sulfate de calcium, le carbonate et le superphosphate de calcium, la chaux, le sulfate d'ammoniaque et le nitrate,

les nitrates de soude et de potasse, le sulfate de potasse, le chlorure de potassium, la kaïnite, les cendres de bois, les scories, le sulfate de fer, le sulfate de magnésie.

Avec l'eau distillée, on peut objecter que les solutions contiennent des *traces de métaux* provenant des produits de décomposition des appareils de distillation ; nous avons contrôlé nos résultats à l'aide d'eau distillée *dans le vide.*

La teneur des substances en solution variait de 25 centigrammes à 2 grammes par litre.

En *sol artificiel,* le substratum était du sable siliceux calciné et lavé aux acides ; il recevait les engrais minéraux à dose variée.

En *terrain naturel,* nous avions choisi des sols siliceux dépourvus de toute fumure antérieure et représentant comme composition la moyenne des sols de la forêt d'Orléans.

III

Action du calcium sur la végétation ligneuse.

En eau distillée, les résultats suivants ont été constatés :

1° *Plants feuillus ;* ce sont le sulfate et les phosphates de chaux qui ont eu l'action la plus puissante sur la végétation des jeunes plants et l'évolution des rejets.

Les composés du potassium, du sodium, de l'ammonium, du magnésium, du fer, ont été défavorables aux doses employées.

2° *Plants résineux* : le sulfate de calcium, de même que le carbonate de calcium, a sur tous les résineux la même action stimulante que sur les feuillus.

Le phosphatede chaux a favorisé la végétation du Sapin pectiné.

Les autres corps se sont montrés indifférents ou toxiques.

3° *Bouturages* : c'est le sulfate de calcium qui agit le plus vigoureusement sur la production et le développement des racines.

Les sels de potassium ont été nuisibles.

En sol artificiel, on reconnaît également que les corps fournissant la plus belle végétation sont le sulfate et les phosphates de calcium et les scories.

Les composés du potassium, du sodium, de l'ammonium sont nettement toxiques.

Il était intéressant d'expérimenter comparativement le sulfate de calcium et le sulfate de manganèse.

Dans un sol artificiel formé de sable siliceux, nous avons institué des expériences en trois séries : une première série de pots contenait du sulfate de calcium à raison de 0 k. 250 pour 10 k. de sable, une seconde série recevait le sulfate de manganèse dans les mêmes proportions ; une troisième série ne contenait que du sable pur.

Nous avons mis en germination dans ce sol artificiel des graines de Pin maritime.

Nous avons constaté, dans le sable pur, un petit nombre seulement de germinations.

Avec le sulfate de manganèse, la germination a été générale. Il en a été de même avec le sulfate de calcium ; mais avec ce dernier corps les jeunes plants ont pris une avance rapide et ont conservé une végétation beaucoup plus vigoureuse pendant toute l'année.

Au point de vue anatomique, dans le sulfate de manganèse, les entrenœuds de l'axe épicotylé sont beaucoup plus courts que dans le sulfate de calcium ; il y a une réduction considérable du bois dans le sol qui contient le manganèse.

Le sulfate de calcium s'est montré comme un agent beaucoup plus actif de végétation que le sulfate de manganèse.

En terrain naturel, la réussite a eu lieu comme précédemment pour les composés du calcium déjà signalés : sulfate de calcium, superphosphate, scories, chaux.

Le sulfate de calcium a notablement favorisé les reprises de Pins sylvestres dans les sols les plus pauvres.

Les composés du potassium, du sodium, de l'ammonium, sont dangereux à manier en sylviculture ; introduits à dose exagérée, ils peuvent fréquemment déterminer la mort des jeunes végétaux ligneux.

IV

Influence du calcium sur l'anatomie et la physiologie des végétaux ligneux.

Au point de vue anatomique, les composés calciques produisent des *vaisseaux plus larges,* des *cellules de parenchyme* et des *fibres plus abondantes* et *plus épaisses* que toute autre substance.

Ces mêmes composés du calcium augmentent notablement le *développement du cylindre central* par rapport à l'écorce, et donnent aux éléments de la tige, de la racine et de la feuille, une *lignification plus intense.*

La masse de bois produite annuellement grâce à l'action du calcium est beaucoup plus considérable qu'avec tout autre engrais minéral.

Chez les résineux, la feuille primordiale a des dimensions moindres, un massif de bois plus mince et moins lignifié avec l'engrais potassique qu'avec l'engrais calcique.

Les cultures du Pin maritime en milieu siliceux pur, et en milieu siliceux mélangé de composés calciques, démontrent que les tiges, racines et feuilles, ont des dimensions plus grandes par le fait du calcium. La tige y acquiert un hypoderme plus sclérifié, un liber et un bois plus épais, un épiderme à cuticule plus épaisse et une *lignification plus intense des éléments.*

La racine également possède un liber et un bois plus épais, des canaux résinifères plus nets, une lignification plus forte.

La feuille a son épiderme mieux cutinisé, le liber plus épais, le bois mieux développé, les canaux résinifères plus différenciés.

Dans nos études sur *les bouturages*, les différences anatomiques ne sont plus de même ordre si on compare le milieu calcique au milieu potassique.

La racine influencée par le *potassium* est beaucoup plus courte, plus épaisse, à vaisseaux ligneux et libériens plus nombreux, à écorce plus développée, à métaxylème plus abondant, avec une subérification plus forte de l'assise pilifère et de l'assise subéreuse, une lignification plus rapide de tous les éléments. Dans le milieu potassique, la racine doit se mettre immédiatement en état de défense.

Au point de vue physiologique, M. Gaston Bonnier a démontré que les fonctions des plantes sont en relation avec leur constitution histologique.

Une épaisseur plus considérable du tissu chlorophyllien, des cellules mieux disposées perpendiculairement au limbe de la feuille et contenant chacune un plus grand nombre de grains de chlorophylle, des grains de chlorophylle ayant chacun une teinte plus

intense, donneront une *assimilation chlorophyllienne plus grande par unité de surface.*

C'est ce qui a lieu dans le milieu calcique.

Quant à la *transpiration,* l'observation des phénomènes qui se passent dans nos cultures en milieu aqueux a démontré que l'absorption de liquide est plus grande dans le *milieu calcique* que dans tout autre milieu. Par suite, la transpiration est plus considérable dans ce milieu ; il en est de même de la *respiration.*

Applications pratiques.

Les composés calciques sont les vrais *accélérateurs de la végétation ligneuse.*

Ils ne constituent évidemment pas un aliment complet, mais ils jouent le rôle de stimulants.

Le sulfate de calcium n'est jamais dangereux pour les plantes, à quelque dose qu'on l'emploie, et produit les résultats les plus remarquables sur les germinations, les repiquages, les rejets et les bouturages des plants forestiers.

Le sulfate de calcium, favorisant les rejets des feuillus, serait utile à la régénération des taillis et des peuplements de Chênes et autres essences, sur les sols maigres ou épuisés.

Nous avons constaté que le Pin maritime en sol siliceux pur s'accommode très bien d'une forte proportion de calcium ; il est, dans ce milieu calcique, beaucoup plus vigoureux que dans le milieu siliceux pur. De même, nous avons pu cultiver le Châtaignier dans des *solutions saturées de sulfate ou de carbonate de calcium ;* ces composés avaient une excellente influence sur la végétation. Si, dans la pratique, on constate que le Châtaignier végète mal sur les sols contenant plus de 4 °/₀ de calcaire, la cause n'en est due ni à la chaux, ni au sulfate ou au carbonate de calcium.

La théorie des essences calcicoles et calcifuges est donc sujette à révision.

En résumé, les engrais minéraux les meilleurs en sylviculture sont *les composés calciques,* et notamment *le sulfate et les phosphates.*

Assurément, pour les végétaux ligneux, les conditions physiques extérieures, température, altitude, humidité, lumière, sont d'une importante capitale, parfois plus actives que les conditions

chimiques de substratum. Cependant, particulièrement sur le végétal jeune, les engrais calciques donneront à la plante une vitalité précieuse et pourront être souvent les facteurs prédominants du succès dans la création des forêts.

L'exposé que nous venons de faire n'est que *le résumé* d'expériences entreprises depuis plusieurs années.

Ces travaux ont été effectués sous l'inspiration et la direction de M. le Professeur Gaston Bonnier. Nous ne saurions témoigner trop de reconnaissance au Maître éminent et aimé qui sait allier à la plus haute science la bienveillance la plus exquise.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 5

Fig. 1. — Sapins pectinés de 2 ans. A droite : en eau distillée ; à gauche : en solution de sulfate de calcium.

Fig. 2. — Chênes pédonculés d'un an. A gauche : en eau distillée ; à droite : en solution de sulfate de calcium.

Fig. 3. — Pins maritimes de 2 ans. Les trois à droite : en sable pur ; les trois à gauche : en sol calcique.

Fig. 4. — Bouleaux de 3 ans. A droite : en sol sans engrais ; à gauche : en sol additionné de sulfate de calcium.

LE PROCESSUS DE FORMATION

DES

PIGMENTS ANTHOCYANIQUES

par M. Raoul COMBES

Docteur ès sciences.

Toutes les théories qui ont été émises sur le mécanisme de la formation des pigments du groupe des anthocyanes depuis Schübler et Funck (1825) jusqu'à Palladine (1908) ont envisagé ces substances colorées comme le résultat de la modification, généralement de l'oxydation, de composés existant dans les cellules avant la pigmentation :

Schübler et Funck, Macaire Princeps et Guibourt (1825-1827) considéraient les pigments rouges comme résultant de l'oxydation de la chlorophylle.

Pour Pick, Overton, Buscalioni et Pollacci, Mirande, Laborde, (1883-1908), les anthocyanes tirent leur origine de la transformation des tannins. Il y aurait combinaison de composés tanniques avec des sucres, et les anthocyanes résulteraient pour ces auteurs de l'oxydation, par l'intermédiaire de ferments oxydants contenus dans les tissus, de la combinaison ainsi constituée.

Palladine (1908-1909) montre l'existence dans les cellules vivantes de composés aromatiques susceptibles de se colorer par oxydation sous l'influence des oxydases. Ces composés, auxquels il donne le nom de *chromogènes,* joueraient un rôle considérable dans la respiration. Palladine suppose que les anthocyanes constituent un des groupes de corps colorés naturels auxquels aboutit l'oxydation de ces chromogènes. Le savant physiologiste fait remarquer de plus que certaines plantes ne renferment pas de chromogène à l'état libre,

mais à l'état de *prochromogène*, ce dernier étant susceptible de donner naissance à un chromogène par décomposition hydrolytique réalisée au moyen d'une diastase. La production du pigment anthocyanique est alors un peu plus compliquée et comporte l'hydrolyse d'un prochromogène et l'oxydation du chromogène libéré.

Enfin, Miss Wheldale en 1911 propose une théorie de la pigmentation qui ne diffère de cette dernière que par les termes employés. Pour l'auteur anglais, les anthocyanes sont les produits d'oxydation de chromogènes incolores de nature aromatique, qui existent dans les tissus à l'état de glucosides. La formation des pigments anthocyaniques comporte donc, pour Miss Wheldale, 1° le dédoublement d'un glucoside en un sucre et un chromogène, 2° l'oxydation de ce chromogène.

Ces différentes manières de voir présentent deux points communs: 1° Toutes font intervenir dans la formation de l'anthocyane les phénomènes d'oxydation. 2° Toutes supposent également que les pigments anthocyaniques résultent de la modification de substances préexistantes, la nature de cette modification étant une oxydation, et les substances sur lesquelles porte cette oxydation étant pour les uns des chlorophylles, pour d'autres, des tannins ou des combinaisons de tannins et de sucres, pour d'autres encore des chromogènes, des prochromogènes hydrolysés ou enfin des glucosides hydrolysés.

J'ai réalisé la production des anthocyanes en dehors de l'organisme végétal en soumettant des composés naturels extraits des organes récoltés avant la pigmentation à une action réductrice (1), et, d'autre part, j'ai pu repasser des anthocyanes à ces derniers composés par oxydation (2). Ces faits ne permettent plus d'admettre que les pigments anthocyaniques résultent de l'oxydation de substances existant dans les tissus avant la pigmentation. La première notion qui jusqu'ici se retrouvait dans toutes les théories

(1) Raoul Combes : Production expérimentale d'une anthocyane identique à celle qui se forme dans des feuilles rouges en automne, en partant d'un composé extrait des feuilles vertes. *(C. R. Ac. des Sciences.* T. CLVII p. 1002. 1913).

Sur la présence, dans des feuilles et dans des fleurs ne formant pas d'anthocyane, de pigments jaunes pouvant être transformés en anthocyane. *(C. R. Ac. des Sciences.* T. CLVIII. p. 272, 1914).

(2) Raoul Combes : Passage d'un pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges d'automne au pigment jaune contenu dans les feuilles vertes de la même plante. *(C. R. Ac. des Sciences.* T. CLVII. p. 1454, 1913).

qui ont été proposées pour expliquer l'apparition des matières colorantes rouges, violettes et bleues, n'est donc plus acceptable ; j'ai d'ailleurs antérieurement insisté sur ce point et je veux surtout ici m'occuper de la seconde manière de voir également commune aux théories proposées : les pigments anthocyaniques résultent-ils de la modification de substances préexistantes ?

A la suite de recherches ayant eu pour but l'étude de la variation des substances hydrocarbonées dans les tissus au cours de la formation des pigments anthocyaniques, j'ai été amené en 1909 à adopter une opinion différente de celle que je viens de rappeler et qui était admise jusqu'alors.

J'ai constaté, au cours de ces recherches, que si l'on dose les glucosides dans des feuilles susceptibles de produire une anthocyane sous une influence déterminée, on constate dans les feuilles rouges l'existence d'une proportion de glucosides plus considérable que dans les feuilles vertes récoltées quelques jours avant la pigmentation. Or, les travaux de chimie qui ont été entrepris jusqu'ici sur les anthocyanes ont montré que ces pigments sont de nature glucosidique. Puisque la formation des anthocyanes, composés de nature glucosidique, est corrélative d'une augmentation des glucosides totaux, il paraissait logique de supposer que ces anthocyanes ne se forment pas aux dépens de glucosides préexistants, mais qu'elles se constituent plutôt de toutes pièces. C'est à leur formation que devait être rapportée, au moins en partie, l'augmentation que je constatais dans l'ensemble des glucosides.

Cette manière de voir différait donc de toutes celles qui avaient été proposées jusqu'alors parce qu'elle considérait les pigments anthocyaniques comme des substances se constituant, au moins en partie, de toutes pièces au moment où les organes se colorent, et non plus comme des substances résultant de la modification, par exemple de l'oxydation, de composés existant dans les tissus avant la pigmentation.

En 1910 (1), à la suite de nouvelles recherches entreprises sur cette question, j'aboutissais à la même conclusion : Peut-être les glucosides existant déjà dans les cellules subissent-ils une oxydation

(1) Raoul Combes : Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques. (*Revue générale de Botanique*. T. XXII page 177, 1910).

et se transforment-ils en anthocyanes. Quoi qu'il en soit, on peut affirmer que des composés glucosidiques se forment en grande quantité pendant le rougissement. Ce sont précisément ces substances qui constituent les pigments anthocyaniques.

A la suite de ses recherches chimiques sur les pigments anthocyaniques, V. Grafe (1) fut amené à adopter cette opinion. Il pense également que la formation des anthocyanes ne doit pas consister simplement dans l'oxydation d'un corps préexistant ; il n'admet même pas dans ses conclusions qu'une partie des anthocyanes puisse résulter de la modification de composés préformés : « il ne doit pas exister, dit-il, de chromogène propre à l'anthocyane, susceptible d'être désigné sous le nom de protanthocyane ».

Je faisais remarquer, dans une Note ultérieure (2), que V. Grafe était peut-être un peu trop absolu en n'admettant pas la possibilité d'une production d'anthocyane, au moins en petite quantité, à partir des composés phénoliques préexistants. Je conservais la restriction introduite dans mon hypothèse en 1909, et considérais comme vraisemblable que, lorsque les conditions nécessaires à la formation de l'anthocyane sont réunies dans la cellule, les composés phénoliques peu colorés qui préexistent, se trouvant dans un milieu favorable à cette formation, puissent eux-mêmes être modifiés et transformés en pigments rouges, au moins partiellement.

Des faits nouveaux viennent d'être mis en lumière par des recherches entreprises dans deux voies extrêmement différentes. Les uns résultent d'études cytologiques et sont dus à Guilliermond (3), les autres résultent de recherches biochimiques effectuées par E. Rosé (4).

En étudiant le rôle des mitochondries dans la formation des pigments anthocyaniques, Guilliermond put montrer que les

(1) V. Grafe : Studien über das Anthokyan (III). *Sitzungsberichte der kais. Akad. in Wien,* Bd. CXX, 1911).

(2) Raoul Combes : Recherches sur la formation des pigments anthocyaniques (*C. R. Ac. des Sciences.* T. CLIII. p. 886. 1911).

(3) Guilliermond : Sur la formation de l'anthocyane au sein des mitochondries. (*C. R. Ac. des Sciences.* T. CLVI, page 1924, 1913)
Nouvelles recherches cytologiques sur la formation des pigments anthocyaniques. (*C. R. Ac. des Sciences.* T. CLVII. page 1000, 1913.

(4) E. Rosé : Etude des échanges gazeux et de la variation des sucres et des glucosides au cours de la formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs de *Cobœa scandens.* (*Revue générale de Botanique.* Tome XXVI, 1914.)

anthocyanes, comme la chlorophylle, la carotine, l'amidon, etc, prennent naissance au sein des mitochondries. Il assista ainsi à la naissance des pigments rouges dans les feuilles de Rosier et de Noyer, dans les fleurs d'Iris, etc ; ces substances apparaissent en solution à l'intérieur des organites mitochondriaux, sous forme de très petites masses liquides dont la grosseur augmente peu à peu ; ces masses, lorsqu'elles ont atteint un volume assez considérable, diffusent dans les vacuoles cellulaires. Quand on suit avec soin l'évolution des mitochondries, on constate que le plus souvent, dès que les organites producteurs d'anthocyane commencent à sécréter, c'est l'anthocyane toute formée qui prend ainsi naissance. Mais, dans beaucoup de cas, on remarque en même temps que certaines mitochondries fabriquent, au début de leur évolution, une substance incolore qui ne prend que plus tard le caractère de pigment.

Guilliermond conclut de ses recherches « que les pigments « anthocyaniques apparaissent en général directement au sein des « mitochondries à l'état de pigments, mais peuvent aussi, assez « souvent cependant, naître directement d'abord sous forme d'un « composé phénolique incolore qui se transforme peu à peu en « pigment au cours de son développement dans la mitochondrie.

« Ces résultats sont en parfait accord avec les résultats obtenus, « par des méthodes biochimiques , par Raoul Combes et V. Grafe. « Ils montrent que l'anthocyane, contrairement à ce qu'on admettait « jusqu'ici, se forme en général de toute pièce. Cependant, contrai- « rement à l'opinion trop exclusive de Grafe, l'anthocyane peut aussi, « dans certains cas, résulter de la transformation de composés « phénoliques incolores. »

Dans le but de compléter mes recherches biochimiques relatives à la formation des pigments anthocyaniques dans les feuilles par l'étude de la formation de ces substances dans les fleurs, je fis entreprendre au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau de grandes cultures de *Cobœa scandens*. Je choisis cette plante parce que les corolles de ses fleurs se pigmentent tardivement; lorsque les corolles sont à peu près complètement ouvertes et ont presque atteint leur taille maxima, elles n'ont pas encore formé de pigment anthocyanique et sont colorées en vert par la chlorophylle ; le pigment violet se forme ensuite en 24 ou 48 heures environ. Il est donc possible de suivre la formation de l'anthocyane dans les corolles des

fleurs de *Cobœa scandens* aussi facilement que dans les feuilles. Dans les deux cas, on peut aisément récolter des organes complètement dépourvus de pigment anthocyanique, des organes en voie de pigmentation et des organes entièrement pigmentés. Je fis sur les corolles de ces fleurs un certain nombre d'expériences dans le but d'établir les relations existant entre la formation de l'anthocyane et l'assimilation chlorophyllienne. Ces corolles me servirent également à commencer une étude du pigment au point de vue chimique. Je ferai connaître ultérieurement les résultats de ces recherches.

En même temps, E. Rosé entreprit sur ces fleurs une étude comparable à celle que j'avais effectuée sur les feuilles. La partie de ses recherches qui nous intéresse plus particulièrement ici est celle qui est relative à la variation de la teneur des corolles en sucres et en glucosides au cours de la pigmentation.

E. Rosé dosa les sucres et les glucosides dans les corolles des fleurs de *Cobœa scandens* récoltées à divers stades de leur développement : 1° dans les fleurs en boutons fermés et verts ; 2° dans les fleurs en train de s'ouvrir et encore vertes ; 3° dans les fleurs ouvertes et commençant à prendre une teinte rose ; 4° dans les fleurs complètement pigmentées.

Il résulte de ses analyses que la proportion des sucres augmente dans les corolles du stade N° 1 (fleurs en boutons verts), au stade N° 3 (fleurs commençant à prendre une teinte rose), et diminue du stade N° 3 au stade N° 4 (fleurs pigmentées). En d'autres termes, des sucres s'accumulent dans les tissus de la corolle depuis le début de son développement et pendant tout le temps qu'elle reste verte ; ces sucres disparaissent ensuite en partie au moment de la formation de l'anthocyane.

D'autre part, pendant les trois premiers stades du développepement, c'est-à-dire pendant tout le temps que la corolle reste verte, il n'existe pas de glucosides dans les tissus de cet organe. Des glucosides apparaissent par contre au stade 4, c'est-à-dire pendant la formation de l'anthocyane.

E. Rosé constate donc que la formation de l'anthocyane dans les corolles de *Cobœa scandens* est accompagnée d'une diminution de la proportion des sucres et d'une formation de glucosides. Il conclut de ces résultats que : « puisque la formation de l'anthocyane, composé « de nature glucosidique est corrélative d'une *apparition* de gluco-

« sides dans la fleur, on doit admettre que cette substance ne se « forme pas aux dépens de glucosides préexistants, mais qu'elle se « constitue de toutes pièces et que c'est à sa formation qu'est due la « quantité totale des glucosides qui existent dans la fleur. »

Les résultats obtenus par E. Rosé dans ses recherches sur la pigmentation des corolles de *Cobœa scandens* confirment ceux que j'ai obtenus dans mon étude de la pigmentation des feuilles. La formation de l'anthocyane dans les feuilles et dans les fleurs est accompagnée des mêmes phénomènes. Rosé est donc amené à adopter, comme Guilliermond, mais par une voie bien différente, la théorie que je proposais en 1909 pour expliquer la formation de l'anthocyane.

Mais, le cas de la pigmentation dans les corolles de *Cobœa scandens* est particulièrement intéressant et diffère des divers cas de pigmentation de feuilles que j'avais antérieurement étudiés par le fait qu'il n'existe pas de glucosides dans les tissus avant la formation du pigment anthocyanique ; tandis que je constatais dans les feuilles une *augmentation* de la teneur en glucosides au moment du rougissement, Rosé met en évidence une *apparition* de glucosides lorsque la pigmentation se produit.

Il est alors possible de trouver dans l'étude de la pigmentation des corolles de *Cobœa scandens* une preuve définitive de la formation de toutes pièces du pigment anthocyanique et de donner à la théorie qui nous occupe la valeur d'un fait nettement établi.

Dans les déductions que je tirais des résultats de mes recherches sur les feuilles, aussi bien que dans celles que tire Rosé de ses travaux, il est supposé que l'anthocyane est un glucoside. On peut faire une objection à cette manière de voir : c'est que tous les pigments anthocyaniques qui ont été isolés ne sont pas des glucosides. Grafe a extrait, par exemple, des pétales d'*Althæa rosea* et de *Pelargonium zonale*, à côté d'un pigment glucosidique, une anthocyane non glucosidique. On pourrait alors se demander si, dans les fleurs étudiées par Rosé et dans les feuilles sur lesquelles ont porté mes recherches, le pigment est bien de nature glucosidique, et si l'apparition ou l'augmentation des glucosides, corrélatives de la pigmentation, ne sont pas simplement des phénomènes qui accompagnent la formation de l'anthocyane, et n'ayant aucune part directe dans la pigmentation.

On trouve une réponse à cette objection dans les récentes recherches de Willstätter et Everest (1). Ces deux auteurs montrent, grâce à l'emploi d'une réaction sur laquelle je reviendrai ci-dessous, que l'anthocyane n'existe qu'à l'état de glucoside dans les organes de toutes les espèces végétales sur lesquelles ont porté leurs recherches, et notamment dans les fleurs des deux plantes étudiées par Grafe. Ils attribuent les résultats différents obtenus par les auteurs antérieurs au fait qu'en extrayant les pigments anthocyaniques, ces auteurs en ont hydrolysé une partie.

Mais, de plus, j'ai trouvé la preuve directe de la nature glucosidique du pigment des corolles de *Cobœa scandens* dans les résultats de mes premières recherches chimiques sur cette substance. Je n'ai pu réussir jusqu'ici à obtenir ce pigment à l'état cristallisé comme celui des feuilles d'*Ampelopsis hederacea;* mais j'ai pu effectuer, à l'aide du produit non cristallisé que j'ai isolé, deux réactions qui ne laissent pas de doute sur la nature glucosidique de l'anthocyane de ces fleurs.

Willstätter et Everest ont indiqué une très intéressante réaction à laquelle j'ai fait allusion plus haut, permettant de distinguer, parmi les composés anthocyaniques, les pigments glucosidiques des pigments non glucosidiques. Une solution de pigment dans l'acide sulfurique normal, agitée avec de l'alcool amylique ne cède pas la moindre trace de son colorant à l'alcool, si ce colorant est une anthocyane glucosidique. Parfois l'alcool se colore légèrement; il suffit alors de le décanter et de l'agiter avec une solution aqueuse d'acide sulfurique pour qu'il cède à la liqueur aqueuse les traces de matière colorante qu'il a dissoutes. Si l'on hydrolyse ce pigment glucosidique en chauffant la solution acidifiée, la liqueur renfermant les produits d'hydrolyse, agitée à nouveau avec l'alcool amylique, cède la totalité de son pigment à l'alcool.

Une petite quantité du pigment de *Cobœa scandens* a été mise en solution dans l'acide sulfurique normal. Le liquide rouge obtenu, agité avec de l'alcool amylique colore très légèrement cet alcool. L'alcool décanté et agité avec de l'eau acidulée, abandonne la totalité de son pigment à la liqueur aqueuse.

(1) Willstätter und Everest : Untersuchungen über die Anthocyane. I. — Uber den Farbstoff der Kornblume. (*Justus Liebigs Annalen des Chemie*. Bd. 401 Hft. 2. 1913).

Le pigment anthocyanique de *Cobœa scandens* donne donc la réaction des pigments glucosidiques de Willstätter et Everest.

La solution du pigment dans l'acide sulfurique normal, portée à l'autoclave à 120° pendant un quart d'heure, refroidie et agitée de nouveau avec de l'alcool amylique, abandonne à l'alcool la totalité de son pigment.

Après hydrolyse, le pigment du *Cobœa* donne donc aussi la réaction des pigments glucosidiques hydrolysés de Willstätter et Everest.

Enfin, une petite quantité du pigment a été mise en solution dans l'eau. Le pouvoir réducteur a été dosé dans une partie de cette solution par la méthode de Bertrand. Le reste du liquide a été additionné d'acide sulfurique dans la proportion de 5 p. 100, et porté à l'autoclave à 120° pendant une demi-heure. Après refroidissement et neutralisation, le liquide a été ramené à son volume initial, et son pouvoir réducteur a été dosé à nouveau. Le pouvoir réducteur, faible avant l'hydrolyse, s'est montré de beaucoup plus considérable après l'hydrolyse.

Ces deux séries de faits montrent donc que le pigment anthocyanique de la corolle de *Cobœa scandens* est bien un glucoside.

Rapprochons maintenant ces faits de ceux mis en évidence par E. Rosé.

1° Il n'existe pas de glucosides dans la corolle de *Cobœa scandens* avant la pigmentation.

2° Il apparaît des glucosides dans cette corolle pendant la pigmentation.

3° Enfin, le pigment anthocyanique de la corolle de *Cobœa scandens* est un glucoside.

La déduction logique de ces trois faits est la suivante :

Le pigment anthocyanique, composé glucosidique, se forme de toutes pièces dans la fleur de *Cobœa scandens*, puisque c'est seulement lorsqu'il apparaît que l'analyse met en évidence la présence de glucosides dans les tissus. Il ne peut résulter de la modification d'un glucoside préexistant, puisque l'analyse montre qu'il n'existe pas de glucoside dans la corolle avant son apparition.

Les faits dont il vient d'être question constituent, à mon avis, une preuve définitive de la formation de toutes pièces du pigment anthocyanique dans les fleurs de *Cobœa*.

La totalité de l'anthocyane des corolles de *Cobœa* se forme donc de toutes pièces. Il n'en est pas de même du pigment rouge qui colore les feuilles d'*Ampelopsis hederacea* en automne. L'examen de certains résultats de mes recherches sur les pigments de cette plante montre que la formation de la plus grande partie de l'anthocyane des feuilles d'automne se fait de toutes pièces tandis qu'une partie de ce pigment provient de la modification d'un composé préexistant.

Il résulte de mes recherches chimiques sur les feuilles vertes et les feuilles rouges d'*Ampelopsis hederacea* que les feuilles vertes contiennent un pigment jaune soluble et les feuilles rouges renferment un pigment rouge soluble, une anthocyane. Les deux corps sont de constitution très voisine, puisque j'ai pu passer du pigment jaune au pigment rouge par réduction, et inversement, du pigment rouge au pigment jaune par oxydation.

La formation de pigment dans les feuilles d'*Ampelopsis* doit donc être considérée comme un phénomène continu ; mais, tandis que ce phénomène aboutit à la production d'un pigment jaune pendant toute la durée de la période végétative normale, il aboutit à la formation d'un pigment rouge à la fin de la végétation.

J'exposerai prochainement les détails de mes recherches chimiques sur cette question (méthodes d'extraction, de purification, étude de la composition, transformation des pigments les uns dans les autres, etc). Mais il est intéressant de faire connaître ici la teneur en pigment, des feuilles vertes d'une part, et des feuilles rouges d'autre part. Les méthodes que j'ai établies pour extraire et purifier les pigments jaunes et rouges des feuilles d'*Ampelopsis* me permettent d'extraire la presque totalité de ces substances, et si les poids de substances extraites ne peuvent indiquer la teneur des feuilles en pigment d'une manière absolue, la comparaison des poids de substances isolées en employant toujours les mêmes méthodes, peut au moins donner une idée assez exacte de la variation de la teneur des feuilles en pigment.

En 1913, une première récolte de 10 kilog. de feuilles vertes d'*Ampelopsis hederacea* a été faite le 26 Juin. Ces feuilles ne renfermaient que le pigment jaune et pas de pigment rouge.

10 kilog. de feuilles ont donné 4 gr. 73 de pigment.

D'autre part, une série de récoltes de feuilles rouges a été faite entre le 9 septembre et le 13 octobre. L'ensemble des récoltes a

fourni 10 kilog. de feuilles. Ces feuilles rouges ne renfermaient pas de pigment jaune, mais seulement du pigment rouge.

10 kilog. de feuilles ont donné 18 gr. 91 de pigment rouge.

Notons enfin que le traitement d'une récolte de feuilles commençant à rougir, faite au début du mois d'août, m'a fourni un mélange du pigment jaune et du pigment rouge.

La pigmentation (production de pigment jaune ou de pigment rouge) aboutit donc à la formation d'une certaine quantité de pigment jaune (4 gr. 73 pour 10 kilog. de feuilles) pendant la période de végétation active. A la fin de la végétation, la pigmentation aboutit à la formation du pigment rouge, et non plus à celle du pigment jaune; de plus, la proportion de pigment rouge dans ces feuilles rouges est *quatre fois plus grande* que la proportion de pigment jaune contenu dans les feuilles vertes.

Il y a donc, à la fin de la végétation, transformation du pigment jaune existant dans les feuilles à ce moment en pigment rouge, puisque les feuilles rouges ne renferment plus de pigment jaune, et production de toutes pièces d'une grande quantité de pigment rouge.

Les deux pigments, jaune et rouge, étant des glucosides, les faits que je viens d'exposer expliquent et confirment les résultats des analyses que j'entrepris en 1909, et auxquelles j'ai fait allusion plus haut : augmentation de la teneur en glucosides au moment de la formation de l'anthocyane. Mais, de plus, remarquons que les nouveaux faits dont il vient d'être question sont relatifs, non plus à des glucosides indéterminés, mais aux pigments eux-mêmes, isolés à l'état pur. A la suite de mes recherches de 1909, je ne pouvais que faire des hypothèses sur la formation de l'anthocyane et considérer seulement comme vraisemblable la formation de toutes pièces d'une partie de l'anthocyane des feuilles. Actuellement, je puis affirmer que c'est bien ainsi que se produit la pigmentation.

Les différents résultats que je viens de rappeler ou dont je viens de rendre compte, concernant la pigmentation des fleurs de *Cobæa scandens*, d'une part, la pigmentation des feuilles d'*Ampelopsis hederacea*, d'autre part, et enfin la naissance de l'anthocyane dans les mitochondries, permettent de considérer la nouvelle théorie de la pigmentation que je proposais en 1909, non plus comme une explication hypothétique de la formation des pigments anthocyaniques, mais comme la déduction d'une série de faits nettement établis.

La pigmentation (formation de pigments solubles jaunes, rouges, violets ou bleus) est un phénomène continu, qui aboutit dans certains cas à la formation du pigment sous sa forme jaune, dans d'autres à la formation du pigment sous sa forme rouge (anthocyane).

Parfois, dès le début de la pigmentation, c'est la forme rouge qui prend naissance (corolles de *Cobœa scandens); dans ce cas, l'anthocyane est entièrement formée de toutes pièces.*

Souvent, au début de la pigmentation, c'est le pigment jaune qui se forme. Dans ce cas, tantôt la pigmentation aboutit à la production de la forme jaune jusqu'à la fin de la vie des organes (si les organes sont des feuilles, ces dernières restent alors vertes jusqu'à leur mort) *tantôt, à une certaine période du développement de l'organe, la pigmentation aboutit à la production de la forme rouge; la formation de pigment devient alors très active, elle est accompagnée de la transformation de la forme jaune préexistante en la forme rouge* (feuilles d'*Ampelopsis hederacea). La plus grande partie de l'anthocyane est alors formée de toutes pièces, une petite partie résultant de la transformation du pigment jaune en pigment rouge.*

NOTE A PROPOS D'UN *BULBOPHYLLUM* DE LA GUINÉE FRANÇAISE

NOUVELLEMENT INTRODUIT DANS LES SERRES DU MUSÉUM

Par M. J. COSTANTIN
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle de Paris,
ET
M. H. POISSON
Docteur ès sciences.

L'introduction de plantes nouvelles, utiles ou curieuses dans les cultures, constitue toujours un événement notoire, dont les conséquences peuvent être très importantes (1).

Dans la famille des Orchidées, si riche en genres et en espèces, la culture d'une plante nouvelle peut avoir un intérêt notable. Les horticulteurs, en effet, peuvent en obtenir de nombreuses variétés (2), ou des hybrides artificiels plus beaux que les plantes spontanées. Il suffit de jeter les yeux sur une exposition d'Orchidées pour voir le nombre énorme de formes nouvelles obtenues par les praticiens chaque année (3).

(1) Quand Miller, en 1739, chercha à cultiver la Vanille (*Vanilla planifolia* Andr., il n'en prévoyait pas l'importance économique actuelle ; de même lorsqu'en 1876 Wickham récolta sur le Rio Tapajoz, 70.000 graines d'*Hevea brasiliensis* Muell Arg., on ne pouvait prévoir quelle serait la fortune prodigieuse de ces plantes destinées à repartir de Kew pour Ceylan, d'où elles ont été le point de départ de la culture du caoutchoutier dans l'Inde et la presqu'île de Malacca.

(2) On connaît par exemple : 118 variétés cultivées du *Cypripedium insigne* Wall, (découvert en 1819 par Wallich dans la région Himalayenne entre 1.800 et 2.000 m.), environ 80 hybrides dont 45 de seconde génération.

(3) Certaines espèces ont été particulièrement préférées des horticulteurs et sont

Importer des régions tropicales ou sub-tropicales des plantes encore inconnues dans les cultures, est d'ailleurs une opération souvent bien difficile. Le voyageur doit récolter la plante à une époque favorable, puis la transporter dans de bonnes conditions (1) et cela ne s'obtient qu'au prix de grands efforts, et quelquefois même au péril de la vie du collecteur.

Les difficultés que le voyageur trouve sur sa route sont multiples : climat malsain, populations hostiles, matériel insuffisant, vivres avariés, maladies, souffrances physiques et morales, tels sont les compagnons habituels de l'explorateur. Combien de plantes merveilleuses, admirées dans les serres, ont été importées au prix des plus grands dangers ! Mais le collecteur, l'introducteur est un homme convaincu de l'utilité de sa mission, c'est un apôtre de la Science, et la plupart de ces voyageurs sont doués d'un admirable stoïcisme. On ne peut citer tous ceux qui se sont ainsi dévoués : mais dans l'histoire de la famille des Orchidées, il y a un certain nombre de ces hommes qui se sont illustrés. Parmi ceux-ci nous rappellerons les noms de Gibbson qui a exploré l'Inde vers 1836 pour enrichir les collections du duc de Devonshire, de Schlim qui voyageait pour la société d'horticulture de Londres dans la Nouvelle-Grenade et qui a introduit notamment, en 1852, le joli petit Cypripède qui porte son nom (*Selenipedium Schlimii* Reich.) (2), de Bénédict Rœzl, hardi explorateur dont le nom est conservé par quelques-unes de ses plus merveilleuses découvertes (*Miltonia Roezlii* Nicols, *Selenipedium Roezlii* Reich. f.), de Warcewicz à qui l'on a dédié un genre (*Warcewiczella* Reich. f.) d'Ure-Skinner (3) etc. Quelques-uns de ces hardis

entrées dans le croisement de plusieurs hybrides : par exemple le *Cattleya labiata* Lindl. découvert en 1818 par William Swainson dans la Sierra des Orgues au Brésil, l'*Odontoglossum crispum* Lindl. découvert par Hartweg en 1841 et introduit à l'état vivant par Weir, Blunt et Schlim en 1863, etc.

(1) Voir pour le transport des plantes : Instructions, pour les voyageurs et employés dans les colonies, sur la manière de recueillir, de conserver les objets d'histoire naturelle. (Édité par le Muséum — Paris 1860 in-8. Chapitre III, p. 55 à 83). — D. Bois. — La récolte et l'expédition des graines et plantes vivantes des pays chauds, gd in-8, 12 pages. — Extrait de la *Revue des Cultures Coloniales*, Paris. 1902. (2e Edition, Paris, Deyrolle 1911, petit in-8, 24 pages.)

(2) Cette espèce, assez difficile à cultiver, est relativement rare dans les cultures ; elle a servi cependant comme croisement, et on en connaît une dizaine d'hybrides dont un très répandu dans les serres, le *Selenipedium Sedeni* Reich. f. *Schlimii* × *longifolium*).

(3) Le nom de ce collecteur est conservé dans l'*Odontoglossum Ure Skinneri*, Lindl.

pionniers ont succombé à la peine (1), et le nom de Chesterton doit être rappelé en cette occasion, comme l'un de ceux qui sont morts sur la brèche ; il a bien mérité que son nom fut pieusement conservé dans le souvenir des orchidophiles (2).

A cette phalange d'explorateurs habiles et dévoués, il convient de citer, plus près de nous, quelques noms français, et en particulier des collecteurs du Muséum comme : M. Pobéguin, longtemps administrateur des colonies, qui a envoyé aux serres de nombreuses plantes de Guinée et du Gabon, M. Bel, M. Caille, chef de l'École de Botanique du Muséum qui fit plusieurs séjours en Guinée, M. O. Labroy, ancien chef des Serres du Muséum, chargé de missions au Brésil. En dehors des introducteurs d'Orchidées, citons d'autres voyageurs comme : Le R. P. Klaine, le R. P. Sacleux, le R. P. Bon, le R. P. Sébire, le R. P. Duss, Chaffangeon, décédé récemment en Malaisie, Geay, M. Léon Diguet qui a introduit du Mexique un grand nombre de Cactées, et bien d'autres encore.

Si l'on regarde les nouvelles Orchidées introduites depuis une vingtaine d'années, on verra que de nombreuses maisons d'horticulture belges, françaises et anglaises ont envoyé des chercheurs dans tous les coins du monde. Ce sont par exemple : Binot au Brésil, Micholitz au Laos, Warpur à Madagascar, Régnier aux Philippines, Forget au Pérou, etc.

Évidemment, le voyageur ne rencontre pas toujours des nouveautés à fleurs merveilleuses comme le *Cattleya* ou les *Odontoglossum ;* mais à côté de plantes à fleurs ornementales, il existe des raretés botaniques que certains amateurs, ou des établissements d'enseignement sont heureux de posséder.

C'est le cas de beaucoup d'espèces du genre *Bulbophyllum* Thou qui est l'un des plus riches en espèces dans la famille des Orchidées.

Il appartient au groupe des *Epidendrées-Dendrobiées* et existe dans toutes les régions chaudes du globe. L'aire de dispersion de ces végétaux est considérable : elle est à peu près comprise entre le quarantième degré de latitude Nord et le quarante-cinquième au

(1) C'est le cas de François Geay, voyageur du Muséum, mort en mission en Australie en 1910. Voir : H. Poisson ; François Geay, voyageur naturaliste (1859-1910). *(Bulletin du Muséum* 1911, page 86.)

(2) On lui a en effet dédié une Orchidée très curieuse, le *Chondrorhyncha Chestertonii.* Reich. f.

Sud. Si, en effet, on trouve quelques espèces dans l'hémisphère boréal qui remontent jusqu'au Japon (deux espèces) ou en Chine (quatre espèces) (1), on en rencontre dix-sept en Australie et trois en Nouvelle-Zélande (2).

Le domaine malgache en comprend une quarantaine ; mais l'Asie, surtout la région forestière de l'Himalaya, entre 1500 et 3.000 m., en possède plus de 150, réparties surtout dans le Bhotan, le Sikkim et l'Assam (3) ; quelques autres se développent au Laos, au Cambodge, dans l'Inde, le Tonkin, l'Annam et la Birmanie (4).

La péninsule et l'archipel malais sont un lieu de prédilection pour de nombreuses espèces de *Bulbophyllum;* on en rencontre plus de 300. Les travaux de M. Smith sur les Orchidées de Java et de la Papouasie ont fait connaître depuis quelques années de nombreuses espèces nouvelles (5).

En Amérique, c'est surtout dans la région équatoriale que se développent ces plantes. On en connaît environ 70 espèces ; la majeure partie vivant au Brésil et en particulier dans le bassin de l'Amazone.

L'Afrique équatoriale en possède environ 80 réunies dans le tableau suivant :

Répartition géographique des *BULBOPHYLLUM* africains actuellement connus.

Angola. — 4 espèces :

B. Andongense Reich., *bifarium* Lindl., *monticolum* Hook f. (6), *rupicola* Reich. f.

(1) Les espèces chinoises sont : *Bulbophyllum bicolor* Lindl ; *B. chinense* Reich. f. ; *B. Yunnanense* Rolfe; *B. radiatum* Lindl; celles du Japon sont le *Bulbophyllum inconspicuum* Maxim ; *B. drymoglossum* Maxim.

(2) Ce sont : *B. tuberculatum* Colenso, *B. ichthyostomum* Colenso, *B. pygmæum* Lindl. Note ajoutée pendant l'impression : M. Schlechter en a fait connaitre 9 espèces de la Nouvelle-Calédonie.

(3) Voir : King et Pantling. The Orchids of the Sikkim Himalaya, Calcutta 1898.

(4) Voir : Grant. The Orchids of Burma and the Adaman islands. Rangoom 1895.

(5) Voir : Smith. Die Orchideen von Java. Leiden 1905, et les nombreuses notes additionnelles parues dans le *Bulletin de l'Agriculture* aux Indes Néerlandaises (1908, 1909, 1910, 1911 et dans le *Bulletin du Jardin Botanique de Buitenzorg* (1912-1913).

(6) Considéré comme synonyme de *B. gravidum* Lindl.

Cameroun. — 30 espèces :

B. aurantiacum Hook f., *bifarium* Lindl., *Braunii* Kränzl, *bibundiense* Schlecht., *calamarium* Lindl., *calyptratum* Kränzl, *cocoinum* Batem, *filiforme* Kränzl, *Gentilii* Rolfe, *Hookerianum* Kränzl, *longispicatum* Kränzl, *lupulinum* Lindl., *Mannii* Hook f., *monticolum* Hook f., *moliwense* Schlecht., *nanum* De Wild., *oreonastes* Reich. f., *oxychilum* Schlecht., *pavimentatum* Lindl., *phæopogon* Schlecht., *pipio* (1) Reich. f., *porphyroglossum* Kränzl, *rhodopetalum* Kränzl, *stenopetalum* Kränzl, *stenorachis* Kränzl, *teretifolium* Schlecht., *triaristellatum* Kränzl et Schlecht., *Urbaniaium* Kränzl, *Winckleri* Schlecht., *Xanthoglossum* Schlecht.

Côte de l'Or. — 1 espèce : *B. saltatorium* Lindl.

Congo (français et belge). — 14 espèces :

B. barbigerum Lindl., *calamarium* Lindl., *congoense* (2) Sander, *flavidum* Lindl., var. *elongatum* De Wild., *Gentilii* Rolfe, *Kindtianum* De Wild., *Mildbraedtii* Kränzl, *miniatum* Sander (3), *nanum* De Wild., *nudiscapum* Rolfe, *papillosum* A. Finet, *platyrachis* De Wild., *Sangæ* Schlecht., *Schinzianum* Kränzl.

Fernando-Po. — 4 espèces :

B. cochleatum Lindl., *comatum* Lindl., *gravidum* Lindl., *tenuicaule* Lindl.

Gabon. — 2 espèces :

B. coriscence (4) Reich. f., *Gabonis* Linden et Reich. f.

Guinée française. — 2 espèces :

B. nigripetalum Rolfe, *Winckleri* Schlecht. Var. *albo-purpureum* (Var. nov.) (5).

Bas Niger. — 9 espèces :

B. apetalum Lindl., *barbigerum* Lindl., *calabaricum* Rolfe, *calamarium* Lindl., *distans* Lindl., *elaidum* Lindl., *falcipetalum* Lindl., *intertextum* Lindl., *pavimentatum* Lindl.

Nyassa. — 2 espèces : *B. gilgianum* Kränzl, *Mahoni* Rolfe.

Ile San Thomé. — 2 espèces : *B. Quintasii* Rolfe, *recurvum* Lindl.

(1) Existe aussi aux Seychelles.

(2) Ex. catalogue Sander. Cultivé chez M. Lionet N° 5017 ; la fleur se rapproche du B. *rupincola*. Reich. f.

(3) Voir : *Gardens Chronicle*. Vol. 35, 1904, p. 205 (Voisin du B. *barbigerum* Lindl.)

(4) Baie de Corisco.

(5) C'est la variété que nous décrivons plus loin.

Sierra Leone. — 14 espèces :

B. barbigerum Lindl., *calamarium* Lindl., *cæspitosum* Thou, *cocoinum* Batem, *denticulatum* Rolfe, *flavidum* Lindl., *herminiostachys* Reich. f., *inflatum* Rolfe, *lupulinum* Lindl., *nudiscapum* Rolfe, *recurvum* Lindl., (1) *saltatorium* Lindl. (2), *tetragonum* Lindl., *viride* Rolfe.

Afrique tropicale en général ou sans région déterminée (3). — 9 espèces :

B. capituliflorum Rolfe, *cupuligerum* Kränzl, *galeatun* Lindl., *peperomioides* Kränzl, *pumilum* Lindl., *Schimperianum* Kränzl, *sessiliflorum* Kränzl, *Usambaræ* (4) Kränzl, *viride* Rolfe.

Si l'on ajoute à ces espèces et variétés un certain nombre de formes et de types encore mal connus, ou dont la patrie est indéterminée, on arrive à près de 650 espèces de *Bulbophyllum*.

Ce genre est très curieux par son port qui est très variable, il y a des formes géantes comme le *B. virescens* J.J. Smitt et d'autres très petites. Les fleurs sont parfois étranges, souvent minuscules. L'inflorescence est uniflore ou au contraire pluriflore ; ce sont essentiellement des Orchidées de collections comme le sont les *Stelis*, les *Pleurothallis* par exemple. C'est ce qui explique que ces épiphytes sont relativement peu cultivées. On en connaît à peine 70 à 80 espèces dans les Serres d'Europe. Au Muséum d'Histoire naturelle il y en a 52 (5), la plupart données par un correspondant dévoué, M. Lionet, de Brunoy (Seine-et-Oise) (6), amateur passionné d'Orchidées, qui en possède une véritable collection. Parmi celles qu'il cultive nous mentionnerons dans le genre *Bulbophyllum* les espèces suivantes :

Careyanum Spreng. (Région Himalayenne) *comosum* Collett et Hemsl (Birmanie), *congoense* Catalogue Sander (Congo), *crassipes* Hook f. (Indes orientales), *cupreum* Lindl. (Birmanie), *Dayanum* Reich. f. (Birmanie), *den-*

(1) Existe aussi en Guyane.

(2) Il en existe une variété : la variété *affine* Hort., cultivée chez M. Lionet N° 5. 157.

(3) Principalement dans l'Afrique occidentale.

(4) De l'Usambara.

(5) Parmi les autres donateurs ou importateurs de *Bulbophyllum*, citons MM. Caille, Pobéguin (Afrique), M. Serre (Java), M. Labroy (Brésil).

(6) La collection d'Orchidées de M. Lionet comprend aussi d'autres groupes parmi lesquels on peut citer les genres : *Eria, Dendrobium, Epidendrum, Pleurothallis, Octomeria, Ornithidium* etc. En quelques années, il a enrichi les serres du Muséum de plus de 200 espèces.

siflorum Rolfe (Malaisie, Laos, Siam), *galbinum* Ridley (Malaisie), *Godseffianum* Hort. (Philippines), *Hamelini* Hort. (Madagascar), *hirtum* Lindl. (Région Himalayenne), *inflatum* Rolfe (Sierra-Leone), *latiflorum* [auteur ?? (Habitat inconnu)], *Lemniscatoides* Rolfe (Java), *Lobbii* Lindl. var. *giganteum* Hort. (Birmanie et Malaisie), *Lobbii* Lindl. var. *siamense* Reich. f. (Siam), *longisepalum* Rolfe (Nouvelle-Guinée), *morphologorum* Kränzl (Siam), *mirum* Rolfe (Malaisie), *Neilgherrense* Wight (Indes Orientales), *odoratissimum* Lindl. (Birmanie et région himalayenne), *pavimentatum* Lindl. (Afrique tropicale), *Penicellium* Par. et Reich. f. (Birmanie), *Reindwardtii* Reich. f. (Malaisie), *rufinum* Reich. f. (Birmanie), *saltatorium* Lindl. var. *affine* Hort. (Afrique tropicale), *sarcophyllum major* [auteur ??(Habitat inconnu)], *scicyobulbon* [auteur ?? (Habitat inconnu)], *tenuicaule* Lindl. (Fernando-Po), *Thompsoni* Ridley (Madagascar), *unguiculatum* Reich. f. (Java), *virescens* J. J. Smith (Archipel Malais), *Watsonianum* Reich. f. (Ile Hong-Kong), *Wendlandianum* [auteur?? (Habitat inconnu)] (1) et plusieurs autres espèces encore indéterminées, soit en tout la moitié au moins des espèces actuellement cultivées.

Le *Bulbophyllum* qui a fleuri dans les serres du Muséum est rapporté par nous au *Bulbophyllum Winckleri* Schlechter (2) dont il constitue, en raison de quelques différences florales, une forme : la variété *albo-purpureum* nob. Il diffère en effet de l'espèce type par des pétales arrondis au lieu d'être pointus ; de plus, le fond de la fleur est blanc au lieu d'être verdâtre et les parties libres du périanthe pourpres au lieu d'être rouges (3).

Notre plante a été envoyée en 1910 de la Guinée française par M. Pobéguin (4). Nous en donnons la description suivante (5) :

Plante épiphyte sur les branches des arbres, à rhizome rampant et enveloppé d'écailles brunes. Pseudo-bulbes petits, (2 cm, 5 à 3 cm., de haut

(1) Les espèces marquées [Habitat inconnu] représentent des types dont plusieurs sont actuellement à l'étude et dont nous n'avons pu avoir de description ; il convient donc d'apporter à leur nomenclature une certaine restriction.

(2) Orchidæ Africanæ IV p. 158 *(Beiträge zur Flora von Africa* — in Engler *Bot Jahrb* XXXVIII Leipzig 1907.)

(3) Cette espèce décrite par M. Schlechter a été collectée au Cameroun : Neu Tegel, par M.H. Winckler, n° 157, le 13 juillet 1904. Nous avons pu voir cet échantillon (typus auctoris), grâce à l'amabilité de M. le professeur Engler, Directeur du Jardin botanique impérial de Dahlem-Berlin, qui nous a envoyé cette plante en communication. Nous sommes heureux de lui témoigner ici nos bien sincères remerciements.

(4) Voir : Registre d'entrée du Laboratoire de Culture, f° 25 N° 7. 1910.

(5) *Bulbophyllum Winckleri* Schlecht. Var : *albo-purpureum* J. Cost et H. Poiss. Varietas nova, planta epiphytica velut *B. Winckleri*, pseudobulbis corrugatis, a typo differt : petalis rotundatis, floribusque albis in medio, purpureis in liberis partibus. Habitat in Guinea gallica a Pobeguino introducta in Horto parisiense.

sur 1 cm., 5 de large), pyriformes, chagrinés, d'un vert foncé pourpré, avec une côte médiane bien accusée; ces pseudo-bulbes sont quelquefois plus petits et mesurent 1 cm., 5 sur 1 cm. Ils sont prolongés par une feuille unique, ovale, lancéolée, acuminée de 3 cm., 7 cm. et jusqu'à 10 cm. de long sur 1 cm. à 2 cm., 50 de large, vert foncé marginée de pourpre en dessus, et en dessous, d'un vert jaunâtre pruiné de pourpre violacé.

Inflorescence en grappe de 1 cm., 5, très serrée et très petite, portée sur un pédoncule grêle de 1 cm. à 2 cm. Fleurs nombreuses et minuscules à fond blanc de 5 m/m; parties externes des sépales pourpre clair; labelle pourpre très foncé. Sépale supérieur (4 m/m environ) triangulaire, évidé, très pointu à l'extrémité. Sépales latéraux (2 m/m 5 à 3 m/m) également très pointus à l'extrémité et coalescents dans la majeure partie, formant un menton ou un sac profond dans lequel est enfermé le labelle et les pétales latéraux. Pétales ovales (1 mill.) blancs. Labelle entier de 1 m/m environ, linguiforme, creusé d'une gouttière striée au fond, crénelé, pubescent sur les arêtes, articulé avec le pied de la colonne, mobile autour de ce pied qui forme charnière. Colonne 1/2 mm., massive, très courte, pourvue autour de l'anthère de deux prolongements en forme de cornes pointues; anthère à deux pollinies sessiles et en boule (1). Ovaire court (2 mm.) attaché sur le pédoncule avec une petite bractée ovale, pointue à l'extrémité, plus grande que la fleur (0 cm., 5 de long sur 3 de large.)

Cette espèce est voisine de *Bulbophyllum andongense* Reich. f. dont elle se distingue notamment par la forme des pétales qui dans cette espèce sont linéaires, et aussi parce que l'inflorescence de cette dernière espèce est beaucoup plus grande (25 à 27 cm.). Il est voisin aussi du *Bulbophyllum recurvum* Lindl. dont il diffère par la forme des pseudobulbes, l'inflorescence plus courte et plus dense et aussi par la couleur des sépales (2).

On cultive cette plante sur bûche, en serre chaude, au voisinage du vitrage.

(1) Comme cela a lieu dans les sous-genres *Ione* Lindl. et *Monomeria* Lindl.

(2) Le *Bulbophyllum recurvum* Lindl. a les sépales verts (*Botanical Register* T. 963), sous le nom de *Tribrachia pendula* Lindl.

CLASSIFICATION RATIONNELLE DES SYMBIOSES

par M. Lucien DANIEL

Professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.

On désigne habituellement sous le nom de greffes des associations souvent fort dissemblables au point de vue biologique. On s'est, à plusieurs reprises, proposé de les classer méthodiquement, mais comme l'on ne s'est pas appuyé sur les caractères physiologiques, qui sont les plus importants, les classifications actuelles sont toutes plus ou moins défectueuses et ont donné, parfois, lieu à des confusions regrettables et à des malentendus.

Celle que je vais donner ici complète l'essai de classification que j'ai esquissé en 1911 (1) ; elle est basée sur le nombre des associés, sur leur physiologie respective, c'est-à-dire sur le degré de mutualisme qu'ils présentent entre eux, et sur leur mode d'union. Évidemment elle n'est pas absolument parfaite, mais telle qu'elle est, elle est susceptible de rendre des services.

Peut-être me reprochera-t-on les néologismes dont je me suis servi. Il était obligatoire de créer des mots nouveaux, puisque je n'ai pas trouvé, dans la littérature scientifique ou agricole, des termes correspondant à ce que je voulais définir.

Je ne pouvais, par exemple, conserver le mot greffe qui a été employé dans tant de sens différents puisqu'il désigne à la fois l'association elle-même, l'un des associés et même tel ou tel procédé de greffage (2). Je lui ai préféré le terme, beaucoup plus

(1) Lucien Daniel, Nouvelle classification des greffes et des procédés de greffage *(Revue Bretonne de Botanique*, 1911).

(2) Voir Lucien Daniel, Conditions de réussite des greffes *(Revue générale de Botanique*, 1900).

expressif, de *symbiose* qui désigne, en général, toute vie en commun, toute union plus ou moins mutualistique et antagonistique. Toutes les greffes, quel que soit le degré de mutualisme des associés, seront donc désignées sous le nom général de *symbioses* et chaque associé prendra le nom de *biote*.

Ceci posé, je diviserai les symbioses végétales en deux groupes généraux, basés sur le nombre des biotes associés :

I. — Les *Dibioses* ou associations binaires, dans lesquelles deux biotes sont unis à la suite d'un greffage naturel ou artificiel (fig. 1 et 2).

II. — Les *Polybioses* ou associations multiples, dans lesquelles plus de deux biotes vivent en commun après un greffage quelconque (fig. 6).

Fig. 1. — Olodibiose ou greffe ordinaire de Haricot de Soissons (épibiote) sur Haricot noir de Belgique (hypobiote).

Ces deux groupes peuvent eux-mêmes se subdiviser en catégories d'après le degré de mutualisme réciproque existant entre les biotes associés et d'après leur mode d'union.

I. — Dibioses.

Les Dibioses, que j'ai appelées greffes simples, renferment trois catégories de symbioses qui, biologiquement, correspondent à des unions dans lesquelles le mutualisme est très différent. Elles ont cependant été longtemps confondues et le sont encore aujourd'hui par quelques auteurs. Ce sont :

1° Les *Paradibioses*, (fig. 2) effectuées entre deux biotes complets ou *parabiotes* qui, quoique soudés plus ou moins intimement, vivent chacun de leur vie propre, puisqu'ils ont chacun leur appareil assimilateur et leur appareil absorbant particuliers. Le mutualisme est réduit à son minimun; l'indépendance de chaque parabiote

Fig. 2. — Double paradibiose entre pétioles de Fougères mâles jeunes.

est presque complète physiologiquement. Cependant, quelques échanges peuvent parfois s'effectuer au niveau de la soudure et modifier, à un degré très variable, la biologie réciproque des associés.

Ce sont ces sortes de greffes que j'ai autrefois désignées sous le nom de greffes par rapprochement, puis de greffes siamoises, pour les distinguer des greffes par approche avec lesquelles tous les auteurs les avaient confondues et dont elles diffèrent complètement par le degré du mutualisme des associés.

2° Les *Hémidibioses,* (fig. 3 et 4) faites entre un parabiote, c'est-à-dire un biote complet pourvu à la fois d'un appareil assimilateur et d'un appareil absorbant et un biote incomplet formé par une partie disjointe d'un autre végétal ou prise sur le parabiote lui-même. Quand cette partie disjointe provient de l'appareil végétatif aérien, elle est placée sur le parabiote et constitue alors un *épibiote*, désigné jusqu'ici sous les noms de greffon ou de greffe (fig. 3). Si elle provient de l'appareil radiculaire et supporte en partie le parabiote, elle forme alors un *hypobiote*, désigné jusqu'ici sous le nom de sujet ou porte-greffe (fig. 4).

Dans cette seconde catégorie de symbioses, que

Fig. 3. — Hémidibiose ou greffé mixte dans laquelle l'épibiote Tomate vit sur un parabiote, le Piment.

j'ai désignées et décrites sous le nom de greffes mixtes pour exprimer qu'elles établissent le passage entre les greffes siamoises et les greffes ordinaires, le parabiote est une sorte d'hémimutualiste qui se nourrit en partie par lui-même, en partie à l'aide de son conjoint, à la façon des hémiparasites. L'épibiote ou l'hypobiote sont, au contraire, des mutualistes presque complets puisque, n'ayant plus qu'un seul de leurs appareils végétatifs assimilateur ou absorbant, ils vivent sur le parabiote à la façon d'un parasite sur son hôte.

Fig. 4. — Hémidibiose ou greffe mixte dans laquelle le parabiote Chou Rave est alimenté partiellement par ses propres racines et un Chou Cabus jouant le rôle d'hypobiote.

3° Les *Olodibioses* (fig. 1) composées d'un épibiote supporté par un hypobiote. L'épibiote reçoit exclusivement la sève brute par l'intermédiaire de l'hypobiote qui la puise spécifiquement dans le sol ; l'hypobiote est nourri par la sève qu'élabore spécifiquement l'épibiote, autant qu'il peut le faire avec les éléments que lui fournit l'hypobiote. Le mutualisme est donc aussi complet que possible entre les deux associés, c'est-à-dire aussi complet que le permet la nature osmotique spécifique de ceux-ci, dans le milieu où ils sont obligés de vivre.

Par définition même, chacun d'eux perd complètement son autonomie ; il périrait infailliblement sans l'aide de son conjoint, à moins de *s'affranchir*, c'est-à-dire de reprendre la vie autonome. De même sa nutrition est hétérotrophe tant que dure l'association, et son chimisme varie *ipso facto*.

Ce sont les symbioses de cette catégorie que j'avais désignées sous le nom de greffes ordinaires, parce que ce sont les plus communément employées dans la pratique courante.

Il faut remarquer que, entre les paradibioses, les hémidibioses et les olodibioses, on peut rencontrer toutes les transitions quant aux degrés du mutualisme. L'on peut facilement passer d'une de ces catégories de symbioses à l'autre à l'aide de certains procédés, comme je l'ai signalé dès le début de mes recherches sur la greffe.

En sevrant l'un des parabiotes chez une paradibiose, on trans-

forme celle-ci en hémidibiose ; en sevrant à la fois les deux parabiotes, on transforme le paradibiose en olodibiose.

Inversement, en décapitant l'épibiote à une certaine distance du bourrelet, on fait apparaître sur l'hypobiote des pousses de remplacement et l'on transforme ainsi l'olodibiose primitive en une hémidibiose. J'ai le premier conseillé le procédé de la décapitation du sujet, autrement dit la transformation d'une greffe ordinaire en greffe mixte (1), en vue de l'obtention des hybrides de greffe. Ce procédé, qui donna (1902) le *Pyrocydonia Danieli* Hans Winkler, fut employé sans succès sur la Vigne par M. Ravaz (1903) ; c'est lui qui a fourni les hybrides de greffe entre *Solanum* divers obtenus par Hans Winkler (*Solanum tubingense* etc.) et par Heuer ; les *Cratægo-mespilus* (Néflier de Bronvaux, Néflier de Saujon), etc., proviennent d'olodibioses qui se sont naturellement, par insuffisance fonctionnelle de l'épibiote, transformées en hémidibioses.

Fig. — 5. Péripolybiose ou greffe multiple effectuée en plaçant six épibiotes différents sur un même hypobiote, l'*Anthemis frutescens* des Horticulteurs.

II. — Polybioses.

Les polybioses, que j'ai appelées autrefois greffes multiples, peuvent se diviser en deux catégories distinctes basées sur le mode de greffage adopté ; ce sont :

1° Les *Péripolybioses*

(1) Lucien Daniel, La greffe mixte (*C. R. de l'Acad. des sciences*, 1897) ; La variation dans la greffe et l'hérédité de caractères acquis (*Ann. de sciences naturelles Bot.* 1898) ; L'hybridation asexuelle (*Congrès de Lyon* 1901), etc.

ou simplement *péribioses* qui sont formées par un seul hypobiote ou un seul parabiote supportant divers épibiotes ou par un seul épibiote alimenté à la fois par plusieurs hypobiotes, l'union se faisant sur un même plan, sensiblement, comme dans la greffe en couronne ou dans la greffe sur branches (fig. 5).

2° les *Hyperpolybioses* ou simplement *Hyperbioses,* dans lesquelles plusieurs épibiotes sont superposés sur un hypobiote unique ou sur un seul parabiote. Chaque épibiote, sauf le dernier, devient à son tour hypobiote par rapport à l'épibiote qu'il porte. Les hyperpolybioses sont communément désignées sous le nom de surgreffes (fig. 8 et 9).

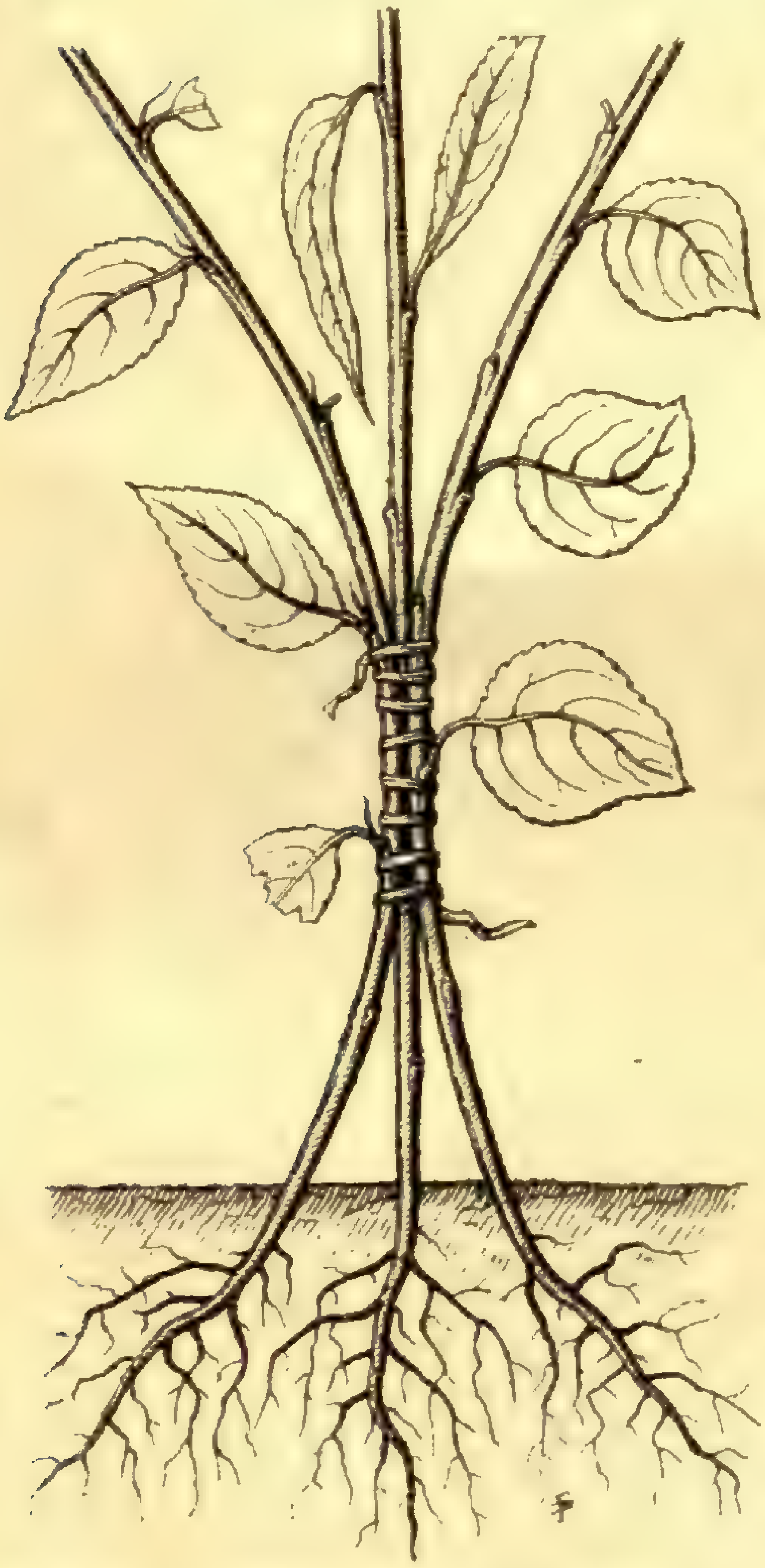


Fig. 6. — Parapéribiose dans laquelle trois parabiotes différents sont associés (greffe siamoise entre trois scions d'un an.)

Ces deux catégories de symbioses peuvent se subdiviser en plusieurs types différant par le degré de mutualisme réciproque des associés.

A. — Péripolybioses ou péribioses

Les péripolybioses comprennent trois types qui se distinguent de la même manière que les dibioses :

1° les *Parapéribioses* (fig. 6), qui ne diffèrent des paradibioses que par le nombre des parabiotes, supérieur à deux ; ce sont, en somme, des parapolybioses et on pourrait, tout aussi logiquement, les désigner sous ce nom.

2° les *Hémipéribioses* (fig. 7), qui sont des hémipolybioses différant des hémidibioses par le nombre plus élevé des épibiotes ou des hypobiotes suivant les cas.

3° les *Olopéribioses* (fig. 8), qui sont analogues aux olodibioses, mais qui en diffèrent par le nombre plus élevé des épibiotes (comme dans la greffe en couronne) ou des hypobiotes (greffes sur sujets multiples).

Les remarques qui ont été faites au sujet des dibioses et des procédés permettant de passer d'une catégorie à l'autre s'appliquent, tout naturellement, aux types de péribioses, qui donnent lieu simplement à des combinaisons plus étendues, étant donné le nombre plus élevé des associés.

B. — Hyperbioses

Les hyperbioses ne comprennent que deux types :

1° les *Hémihyperbioses* (fig. 8), dans lesquelles chaque plante (hypobiote et épibiote successifs) porte des parties feuillées. Ce sont, comme les hémipéribioses précédentes, des hémipolybioses ; mais elles s'en distinguent par la superposition des biotes, qui constitue un type de mutualisme très différent.

2° les *Olohyperbioses* (fig. 9), dans lesquelles l'épibiote supérieur seul porte des parties feuillées. Les épibiotes intermédiaires jouent, plus particulièrement, le rôle de conducteurs des sèves sans prendre une part prépondérante à leur production, mais les bourrelets successifs provoquent des changements dans le chimisme (quantitatif ou qualitatif) des épibiotes et de l'hypobiote, à la façon de ce qui se passe pour l'unique bourrelet des olodibioses.

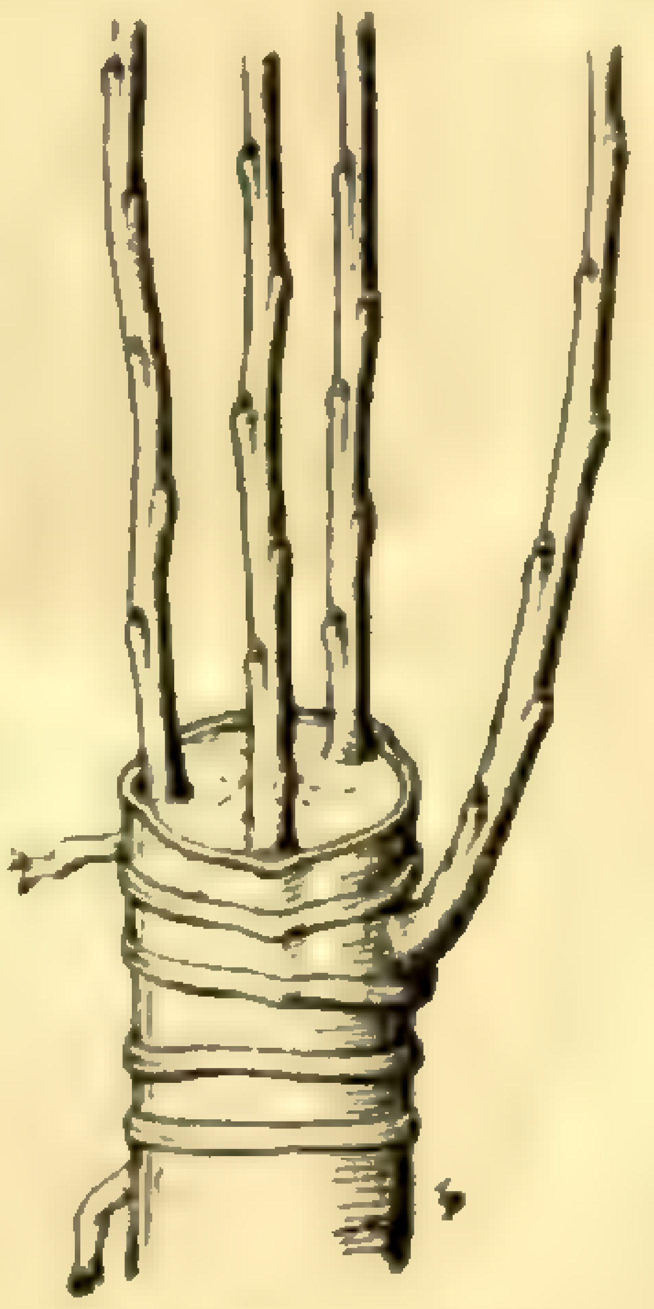


Fig. 7. — Hémipéribiose dans laquelle un parabiote porte plusieurs épibiotes insérés sur le même plan.

Chaque épibiote intermédiaire perd, dans ces greffes, à la fois son appareil absorbant et la majeure partie de son appareil assimilateur. Leur rôle est celui d'un appareil osmotique intercalé sur le parcours des sèves brute et élaborée qui cheminent dans l'association, et la pratique des surgreffes en arboriculture montre que ce rôle est loin d'être négligeable.

On peut faire rentrer dans ces divers types ou catégories de symbioses toutes les greffes connues, c'est-à-dire tous les cas de mutualisme simples ou multiples présentés par le greffage naturel ou artificiel.

Mais il va de soi que l'on peut pousser beaucoup plus loin encore les distinctions et établir, dans chaque type ou catégorie, des

sections basées sur la nature particulière des parties choisies comme épibiote, hypobiote et parabiote, la parenté relative des biotes, les procédés de greffage employés et même les conditions de milieu où l'on opère. J'ai déjà indiqué ces divisions dans un

Fig. 8. — Hémihyperbiose dans laquelle un parabiote supporte plusieurs épibiotes superposés, pourvus tous de parties feuillées.

Fig. 9.— Olohyperbiose dans laquelle un hypobiote supporte plusieurs épibiotes successifs dont le dernier porte seul des parties feuillées.

travail antérieur (1) auquel je renvoie ceux que la question peut intéresser.

Je me bornerai, comme conclusion, à faire remarquer que chacune des symbioses que je viens de définir donne fatalement des

(1) Lucien Daniel, Nouvelle classification des greffes et des procédés de greffage. (*Revue bretonne de botanique*, 1911).

résultats qui lui sont particuliers au point de vue du travail physiologique de chaque associé et que, par conséquent, la résultante biologique de l'association est différente pour chacune d'elles. Une parabiose simple ou multiple ne travaille pas comme une hémidibiose ou une olodibiose ; il en est de même pour une péribiose ou une hyperbiose. Et l'on peut en dire autant des associations différentes qui constituent les sections ou sous-sections d'une même catégorie de symbioses.

A cette diversité considérable des symbioses correspond l'infinie variété des phénomènes constatés dans les greffes quant à la végétation, la durée du développement, les résistances, la production des morphoses et l'hybridation asexuelle. S'il en était d'ailleurs autrement, si la greffe ne provoquait aucun changement, ce serait une incompréhensible exception aux lois biologiques et la négation même des principes les mieux établis de l'évolution.

Les distinctions qui viennent d'être établies et les conditions biologiques si variées des symbioses végétales permettent aussi de comprendre les résultats variables et parfois contradictoires signalés par des auteurs qui ne sont pas arrivés à s'entendre, étant donné qu'ils parlaient de choses différentes. Entre observateurs de bonne foi, les précisions sont toujours utiles ; c'est la meilleure façon d'éviter les discussions stériles ou irritantes.

LA FLORE

DES ENVIRONS DE LA STATION DE BIOLOGIE VÉGÉTALE

DE MAUROC

par M. R. de LITARDIÈRE

Les environs immédiats de la Station de Biologie végétale de Mauroc, près Saint-Benoît (Vienne), sont particulièrement intéressants au point de vue floristique par suite de la variété des formations et principalement du grand développement d'une flore xérothermique qui imprime aux coteaux pierreux et secs à *Juniperus communis* le facies d'une véritable garigue.

Il m'a paru utile de faire connaître succinctement les divers aspects de la végétation qui entoure cette Station, pour montrer combien les biologistes pourront y trouver de sujets d'études, sans parler de la proximité de l'îlot granulitique de Ligugé, distant seulement de 4 kilomètres, où la flore offre un contraste frappant avec la précédente et où les espèces intéressantes ne manquent point.

Je n'ai pas la prétention de donner ici une énumération complète de toutes les espèces qui croissent dans les environs de Mauroc, un certain nombre ont pu échapper à mes recherches, d'autre part celles-ci ont été effectuées surtout pendant l'été, époque un peu tardive pour inventorier, par exemple, la flore des prairies.

La Station biologique, dépendance de l'Université de Poitiers, est située sur un plateau formé de calcaire à silex (Bajocien-Barthonien) s'élevant d'une quarantaine de mètres au-dessus de la vallée du Clain à l'Ouest et descendant en pente moins rapide au Nord, vers

la rivière du Miosson et le bourg Saint-Benoît ; son altitude est d'environ 120 m. au-dessus du niveau de la mer. Ce plateau et ses pentes sont couverts, en grande partie, de bois de Chênes avec çà et là des espaces dénudés parsemés de *Juniperus ;* au Sud-Ouest, il se termine par une falaise à pic, les rochers de Passe-Lourdin, bien connus des botanistes par leur flore nettement méridionale ; sur les bords du Clain s'étendent des prairies ; la vallée du Miosson le borne à l'Est, dans cette direction se rencontrent quelques mares, le sous-sol étant constitué d'argiles sidérolithiques ; enfin, au Sud, le plateau forme le versant Nord d'un col qui sépare la vallée du Clain de celle du Miosson.

Les formations végétales des environs de Mauroc peuvent se répartir en 3 groupes (1) :

1° Formations xérophiles.
2° — hygrophiles.
3° — submergées, flottantes et nageantes.

I

Formations xérophiles.

Dans ce groupe, on peut distinguer :

1° Les garigues à *Juniperus communis.*
2° Des colonies rupicoles.
3° Les bois à peuplement xérophytique.

1° Garigues a *Juniperus communis.*

Les garigues, comme on le sait, sont des terrains arides, rocailleux ou rocheux, parsemés çà et là d'arbustes nains. Les végétaux qui constituent le peuplement des garigues sont tout particulièrement des espèces héliophiles et xérothermiques.

On peut étudier cette transformation aux environs mêmes de Mauroc sur les pentes qui descendent vers le Clain au Sud-Sud-Ouest et sur les bords de la route de Saint-Benoît à Gençay, peu après le passage à niveau de la ligne du Blanc-Limoges.

(1) J'ai omis intentionnellement les plantes des terrains cultivés, moissons, lieux vagues et piétinés, décombres etc., plantes pour la plupart ubiquistes, ne présentant qu'un intérêt secondaire.

Le *Juniperus communis* L. (subspec. *eu-communis* Briq.) en est l'arbuste caractéristique et forme des petits cônes de 1 à 2 mètres.

Le sol pierreux est recouvert en grande partie d'une microflore composée principalement de Labiées, d'*Asperula Cynanchica*, de *Thesium humifusum*, au-dessus de laquelle s'élèvent les épis des *Festuca* et du *Phleum phleoides*, les fleurs mauves des *Linum salsoloides*, les longues tiges et les capitules lilas des Scabieuses, les ombelles blanc-rosé des *Seseli*. Au printemps, le *Potentilla verna* dore à profusion ces coteaux, puis ce sont les Hélianthèmes. Vers la mi-août on voit apparaître, çà et là, les petites grappes du *Scilla autumnalis*, l'unique représentant dans notre région de ces Liliacées automnales méditerranéennes qui marquent le réveil de la végétation après une longue période de sécheresse et attendent les pluies d'automne pour développer leurs feuilles.

Les espèces dominantes de l'association du *Juniperus communis* sont les suivantes :

Phleum phleoides (L.) Simonk.
Bromus erectus Huds.
Festuca ovina L. var. *duriuscula* (L.) Koch.
Thesium humifusum D C.
Potentilla verna Huds.
Lotus corniculatus L. var. *arvensis* Ser.
Ononis Columnæ All. (1).
Anthyllis Vulneraria L. var. *vulgaris* Koch.
Hippocrepis comosa L.
Linum gallicum L.
— *angustifolium* Huds. var. *genuinum* Rouy et Fouc.
— *salsoloides* Lam.
— *catharticum* L.
Helianthemum salicifolium Pers.
— *Chamæcistus* Mill. var. *vulgare* (Bert.) Burnat.
Pimpinella Saxifraga L.
Seseli montanum L.
Erythræa ramosissima Pers.
Teucrium montanum L.
— *Chamædrys* L.
Stachys recta L. subspec. *recta* Briq. var. *stenophylla* (Spreng.) Briq.
Thymus Serpyllum L. subspec. *Serpyllum* Briq. var. *silvicola* (Wimm. et Grab.) Briq. (*T. Serpyllum* var. *typica* G. Beck).
Euphrasia stricta Host var. *ericetorum* (Jord.) Rouy.
Plantago lanceolata L.
Asperula Cynanchica L. var. *typica* Rouy.
Scabiosa Columbaria L. var. *permixta* (Jord.) Rouy.
Hieracium Pilosella L.

Comme espèces accessoires, j'ai pu noter :

Andropogon Ischæmum L.
Scleropoa rigida (L.) Gris.
Brachypodium pinnatum (L.) P. B.
Carex caryophyllea Latour.
— *flacca* Schreb. (*C. glauca* Scop.)
Scilla autumnalis L.

(1) Il est assez curieux de ne point rencontrer dans les garigues de Mauroc l'*Ononis Natrix* L., assez abondant cependant dans celles de la vallée du Miosson non loin du Petit-Saint-Benoît et près de Flée, où cette espèce croît en compagnie de l'*O. Columnæ*.

Spiranthes spiralis (Crantz) C. Koch. (*S. autumnalis* Rich.)
Ophrys sphegodes Mill. var. *genuina* Briq. (*O. aranifera* Huds. var. *genuina* Reich. fb.)
Orchis Morio L. var. *eu-Morio* Briq.
— *ustulata* L.
Loroglossum hircinum L. Rich.
Minuartia (Alsine) tenuifolia (L.) Hiern subspec. *eu-tenuifolia* Briq. var. *hybrida* (Vill.) Briq.
Tunica prolifera Scop.
Dianthus Armeria L.
— *Carthusianorum* L. var. *genuinum* Gren. et Godr.
Sedum rupestre L. var. *reflexum* (L.) Briq.
— *album* L. var. *typicum* Franch.
Sanguisorba minor Scop. subspec. *dictyocarpa* (Spach) Briq.
Ononis procurrens Wallr. var. *vulgaris* Lange.
— — var. *mitis* (L.) Spenn.
Medicago Lupulina L.
Trifolium scabrum L.
— *campestre* Schreb.
Euphorbia exigua L.
Hypericum perforatum L.
Helianthemum polifolium Mill. var. *oblongifolium* Koch.
Helianthemum Fumana (L.) Mill.
Eryngium campestre L.
Daucus Carota L.
Chlora perfoliata L.
Echium vulgare L.
Brunella vulgaris L.
— *laciniata* L.
Salvia pratensis L.
Satureia Acinos (L.) Scheele var. *elliptica* Briq.
Origanum vulgare L. var. *glabrescens* G. Beck. (1)
Odontites rubra Gilib. var. *serotina* (Reichb.) Coss. et Germ.
Globularia Wilkommii Nym.
Galium commune Rouy subspec. *umbellatum* Lam. Rouy var. *Thuillieri* Rouy.
Achillea millefolium L.
Carlina vulgaris L.
Cirsium acaule (L.) Scop.
Centaurea Jacea L. subspec. *amara* (L.) Rouy.
— *pratensis* Thuill. var. *serotina* (Bor.) Franch.
Carthamus lanatus L.
Hypochæris radicata L.
Crepis fœtida L.

2° Colonies rupicoles

Les seules espèces rupicoles que l'on rencontre aux environs immédiats de Mauroc sont celles de la falaise de Passe-Lourdin, traversée par le tunnel de la ligne du Blanc-Limoges. Dans ces rochers verticaux, d'un aspect si pittoresque, croît en abondance l'*Adiantum capillus-veneris* L. qui donne à la station un aspect bien méridional ; avec lui on trouve également :

Asplenium trichomanes L.
— *ruta-muraria* L. var. *angustifolium* (Hall. f.) Christ.
Ceterach officinarum D C.
Melica ciliata L. subspec. *Linnæi* Hack. var. *vulgaris* Coss. et Dur.
Allium oleraceum L.
Ficus Carica L.
Parietaria officinalis L. subspec. *judaica* (Vill.) Béguinot.
Sedum rupestre L. var. *reflexum* (L.) Briq.
— *acre* L.
— *album* L. var. *typicum* Franch.

(1) J'ai observé tous les passages entre la forme à bractées et calice colorés en pourpre et celle à bractées et calice verts, cependant je n'ai jamais vu la véritable var. *viridulum* (Martr.-Don) Briq., qui d'après M. Briquet aurait des bractées vertes, étroites et non elliptiques.

Un certain nombre d'espèces qui croissent ordinairement dans les garigues à Genévriers ou dans les endroits un peu découverts des bois, se rencontrent aussi dans les rochers, ce sont :

Juniperus communis L. (un seul pied.)
Minuartia (Alsine) tenuifolia (L.) Hiern subspec. *eu-tenuifolia* Briq. var. *hybrida* (Vill.) Briq.
Arenaria serpyllifolia L. subspec. *leptoclados* (Reichb.) Rouy et Fouc. var. *scabra* (F. N. Will.) Rouy et Fouc.
Silene nutans L.
Stachys recta L. subspec. *recta* Briq. var. *stenophylla* Briq.
Origanum vulgare L. var. *glabrescens* G. Beck.

On y voit aussi quelques touffes de *Carex distans* L., espèce en général plutôt hygrophile.

La partie supérieure de la falaise est entièrement tapissée d'*Hedera Helix* L.

Les grottes dont sont creusés les rochers hébergent principalement l'*Adiantum*, l'*Asplenium trichomanes* L., le *Brachypodium silvaticum* Rœm. et Sch., des Pariétaires et le *Geranium Robertianum* L.

3° Bois a peuplement xérophytique

Les bois qui couvrent une grande partie du plateau de Mauroc sont des taillis composés principalement de Chênes (*Quercus pubescens* Willd. et *sessiliflora* Salisb.) avec :

Carpinus Betulus L.
Corylus Avellana. L.
Ulmus campestris L.
Cratægus monogyna Jacq.
Prunus spinosa L.
Cytisus scoparius (L.) Link.
Buxus sempervirens L.
Ilex aquifolium L.
Evonymus europæus L.
Acer campestre L. parasité parfois par *Viscum album* L. var. *platyspermum* R. Kell.)
Cornus sanguinea L.
Fraxinus excelsior L.
Ligustrum vulgare L.
Sambucus nigra L.
Viburnum Lantana L.

On trouve aussi quelques pieds de *Betula alba* (L.) du Roy, *Pirus communis* L. subspec. *piraster* (L.) *Mespilus germanica* L. *Quercus Robur* L. et *Rhamnus catharticus* L., ces deux derniers au-dessus des rochers de Passe-Lourdin.

Dans les bois occupant la partie inférieure de la falaise de Passe-Lourdin croissent en abondance trois arbustes à aire nettement méridionale : les *Celtis australis* L., *Phyllirea media* L. et *Acer monspessulanum* L. Ces espèces, de même que le *Ficus Carica* L., dont on peut voir un bel exemplaire dans les rochers avant la grotte

dite de Rabelais, semblent parfaitement autochtones : ce sont des survivants d'une flore ancienne, dont bien d'autres membres ont disparu dans cette « poussée universelle entraînant toujours ce qui, auparavant, existait plus au nord et refoulant plus au sud les formes méridionales » (1).

Ces arbustes forment là, avec l'*Adiantum,* une association si caractéristique qu'il est difficile de considérer leur présence comme due à une introduction humaine (les moines de la célèbre abbaye de Saint-Martin de Ligugé?) ; on pourrait, d'autre part, se demander quel aurait été le but utilitaire de cette introduction, en particulier celle du *Phyllirea,* à moins qu'elle ne fut l'œuvre d'un naturaliste.

Le *Phyllirea* et le *Celtis* ne fructifient point à Passe-Lourdin ; mais est-ce là un argument en faveur de l'hypothèse de la naturalisation ? Je ne le crois point. Il me suffirait de citer un exemple, celui du *Trichomanes radicans* Sur., reliquat tertiaire de nos montagnes basques, dont il n'est point permis de douter de l'indigénat et qui est toujours stérile !

L'étude des gisements fossiles a jeté un jour tout nouveau sur des faits de géographie botanique qui semblaient inexplicables. Pour ce qui est des espèces qui nous occupent, on sait maintenant qu'elles possédaient, dans les époques géologiques antérieures, une aire bien plus vaste qu'à l'heure actuelle et les stations éparses que l'on observe aujourd'hui en dehors de la zone où elles ont été refoulées ne sont vraisemblablement que des vestiges de leur ancienne occupation, vestiges qui ont pu subsister, grâce aux conditions exceptionnelles des lieux, comme c'est bien le cas pour Passe-Lourdin. Le *Ficus Carica* a été rencontré dans les travertins de Toscane, dans les tufs quaternaires du midi de la France et dans ceux de Moret près de Fontainebleau, où il se trouvait en compagnie d'un *Laurus* intermédiaire entre le *canariensis* et le *nobilis*.

Les *Celtis* étaient largement représentés à partir de l'Eocène. A l'époque de l'Eocène supérieur croissait le *Celtis Nouleti* Mar., que l'on a trouvé dans le Tarn et dont les noyaux se rapprochaient beaucoup de ceux de l'*australis* actuel. Ils étaient abondants au cours de l'Oligocène et de l'Aquitanien ; on a découvert dans la Haute-Loire le *C. latior* Mar., proche également de l'*australis ;*

(1) De Saporta : *Origine paléontologique des arbres cultivés ou utilisés par l'homme*, p. 326 (1888).

dans le Miocène de Silésie le *C. bignonioides* (Gœpp.) Mar., précurseur immédiat de l'*australis* et ce dernier dans les tufs quaternaires de Provence.

Quant aux *Phylliera,* on n'a que très peu de renseignements sur leur répartition dans les flores anciennes, et Zeiller, dans ses « *Éléments de Paléobotanique* » ne cite la présence de ce genre, d'après Boulay, que dans le Pliocène du midi de la France; il y a tout lieu de croire cependant que l'aire de ce genre était, elle aussi, bien plus vaste qu'elle n'est actuellement.

La flore du sous-bois et des parties découvertes est essentiellement xérophytique. Voici la liste des espèces que j'y ai observées ou qui m'y ont été signalées; un certain nombre d'entre elles sont communes avec la flore des garigues à Genévriers :

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn.
Anthoxanthum odoratum L. var. *glabrescens* Celak.
Agrostis alba L.
— *vulgaris* With.
Calamagrostis Epigeios (L.) Roth.
Melica uniflora Retz.
Briza media L.
Dactylis glomerata L. var. *typica* Posp.
Cynosurus cristatus L.
Festuca gigantea (L.) Vill.
Brachypodium pinnatum (L.) P. B.
— *silvaticum* Rœm. et Sch.
Carex muricata L. subspec. *divulsa* (Good.) Husnot.
Ruscus aculeatus L.
Iris fœtidissima L.
Loroglossum hircinum (L.) Rich.
Limodorum abortivum (L.) Sw.
Silene nutans L.
Stellaria holostea L.
Helleborus fœtidus L.
Clematis Vitalba L.
Spiræa Filipendula L.
Rubus sp.
Fragaria collina Ehrh.
Potentilla splendens Ram.
Geum urbanum L.
Agrimonia Eupatoria L.
Rosa sp.
Lotus corniculatus L. var. *arvensis* Ser.
Genist tainctoria L. var. *vulgaris* Spach.
Cytisus supinus L.
Trifolium rubens L.
Anthyllis Vulneraria L. var. *vulgaris* Koch.
Lathyrus latifolius L.
— *macrorrhizus* Wimm.
Polygala vulgaris L.
Euphorbia verrucosa Jacq.
— *amygdaloides* L.
Hypericum perforatum L.
— *montanum* L.
Helianthemum Chamæcistus Mill. var. *vulgare* (Bert.) Burn.
Viola silvestris Lam.
— *hirta* L.
— *odorata* L.
Hedera Helix L. (parasité par *Orobanche Hederæ* Dub., dans le bois de Passe-Lourdin).
Torilis heterophylla Guss.
— *Anthriscus* (L.) Gmel.
Pimpinella Saxifraga L.
Calluna vulgaris (L.) Hull.
Erica scoparia L.
— *cinerea* L.
Erythræa Centaurium (L.) Pers. (avec forme à fleurs blanches).
— *ramosissima* Pers.
Chlora perfoliata L.
Pulmonaria longifolia Bast.
Teucrium Scorodonia L.
Glechoma hederacea L.
Stachys officinalis (L.) Trevis.

Satureia Calamintha (L.) Scheele subspec. *silvatica* (Bromf.) Briq.
— *Clinopodium* (Benth.) Caruel.
Origanum vulgare L. var. *glabrescens* G. Beck.
Veronica Chamædrys L.
— *officinalis* L.
Digitalis lutea L. (Bois près de la route de Saint-Benoit à la gare).
Melampyrum cristatum L.
— *pratense* L.
Asperula Cynanchica L. var. *typica* Rouy.
Lonicera Periclymenum L.
— *Xylosteum* L.
Campanula Rapunculus L.
— *glomerata* L.
— *Trachelium* L.
Inula Conyza DC.
Senecio Jacobæa L.
Serratula tinctoria L.
Lampsana communis L.
Picris hieracioides L.
Lactuca muralis (L.) E. Mey.
Hieracium Pilosella L.

Un fait qui frappe tout de suite le botaniste est celui d'un mélange d'espèces que l'on considère ordinairement les unes comme calcicoles les autres comme calcifuges. Ainsi, dans le bois de la Berge-au-rond, situé en face de l'entrée de la Station biologique, bois-taillis qui a été réduit par un incendie à une sorte de lande, n'est-il point curieux de voir côte à côte le *Pteridium aquilinum*, les *Erica scoparia* et *cinerea, Calluna vulgaris, Cytisus scoparius*, d'une part et des calcicoles comme le *Linum salsoloides*, le *Globularia Wilkommii*, l'*Helianthemum polifolium* etc.? Dans les bois au-delà de la ligne du tramway, faisant suite au bois de la Berge-au-rond, le *Buxus sempervirens* abonde avec les *Erica*, le *Cytisus scoparius*, le *Genista tinctoria*, puis en descendant vers le Miosson on voit apparaître l'*Ulex europæus*, en exemplaires atteignant souvent près de 2 mètres 50, voisinant avec le calcicole *Juniperus communis*.

L'appétence minérale de ces plantes n'est probablement pas très prononcée, et les exigences de certaines d'entre elles sont, sans doute, plutôt thermiques que chimiques. On sait en particulier que le *Buxus sempervirens*, type calcicole dans l'Europe moyenne, est nettement calcifuge en Corse, où il forme sur les schistes sériciteux de la chaîne du Cap, entre 1000 et 1250 m. des fourrés inextricables (1). Le *Juniperus communis* (subspec. *eu-communis)* lui aussi n'est point un calcicole exclusif : M. Simon l'a observé dans l'Aveyron et dans le Limousin sur des formations gneissiques ou

(1) Au sujet du substratum du Buis, consulter l'intéressante monographie du Dr Christ : Ueber das Vorkommen des Buchsbaums *(Buxus sempervirens)* in der Schweiz und weiterhin durch Europa und Vorderasien, in *Verh. der Naturforsch. Ges. in Basel*, XXIV, p. 46-123 (1913).

granulitiques avec un cortège de calcifuges (1), et moi-même sur les pentes à substratum de micaschistes des puys de la Courtine (Creuse) au milieu des peuplements de Bruyères, *Genista pilosa*, ***Pteridium aquilinum*** etc. (2)

II

Formations hygrophiles.

Elles comprennent :

1° Les prairies.

2° Les associations rivicoles.

1° Les prairies

Le Clain est encadré de prairies plus ou moins marécageuses ; on y rencontre les espèces suivantes :

Ophioglossum vulgatum L. var. *genuinum* R. Lit.
Anthoxanthum odoratum L. var. *glabrescens* Celak.
Phleum pratense L.
Holcus lanatus L.
Avena pratensis L.
Briza media L.
Dactylis glomerata L. var. *typica* Posp.
Cynosurus cristatus L.
Poa pratensis L.
Lolium perenne L.
— *multiflorum* Lam.
Carex flacca Schreb. (*C. glauca* Scop.)
Juncus articulatus L.
Colchicum autumnale L.
Lychnis Flos-Cuculi L.
Ranunculus acris L.
— *bulbosus* L.
Cardamine pratensis L.
Potentilla reptans L.
— *Anserina* L.
Lotus corniculatus L. var. *arvensis* Ser.
Lotus corniculatus var. *tenuifolius* L.
Trifolium repens L.
— *fragiferum* L.
— *pratense* L.
Lathyrus pratensis L.
Œnanthe peucedanefolia Poll.
Silaus flavescens Bernh.
Pastinaca sativa L. var. *genuina* Celak.
Daucus Carota L.
Lysimachia Nummularia L.
Verbena officinalis L.
Ajuga reptans L.
Brunella vulgaris L.
Salvia pratensis L.
Mentha aquatica L.
Plantago lanceolata L.
— *media* L.
Galium verum L. (parasité parfois par *Orobanche caryophyllacea* Sm. = *O. Galii* Dub.)
Succisa pratensis Mœnch.
Bellis perennis L.
Pulicaria dysenterica (L.) Gærtn.
Chrysanthemum Leucanthemum L.

(1) E. Simon : Petites notes floristiques (Herborisations en Poitou), in *Bull. Soc. Bot. Deux-Sèvres*, XIII, p. 64 (1911) et Impressions d'un botaniste dans un coin du Limousin, in *Revue scient. du Limousin* (1911).

(2) R. de Litardière : Aperçu sur la végétation estivale des environs de la Courtine (Creuse), in *Bull. Soc. Bot. Deux-Sèvres*, XIII, p. 108 (1912).

Senecio Jacobæa L.
Hypochæris radicata L.
Leontodon autumnalis L.
— *hispidus* L.
Tragopogon pratensis L. subspec. *orientalis* L. (Rouy).
Taraxacum officinale Web.

Le *Cyperus longus* et les *Carex* des bords du Clain s'avancent souvent assez loin à l'intérieur des prairies.

2° Associations rivicoles

Les rives du Clain sont bordées d'*Alnus glutinosa* (L.) Gertn., *Salix atrocinerea* Brot. et *alba* L., ainsi que de Peupliers (*Populus nigra* L. et var. *italica* Du Roy), avec une riche végétation d'hygrophytes que l'on peut diviser en deux groupes, celui des hélophytes et celui des amphiphytes de Warming.

Les hélophytes comprennent les plantes adaptées à une vie dans les sols limoneux, ce sont :

Dryopteris Thelypteris (L.) A. Gray.
Equisetum palustre L.
Thypha latifolia L.
Sparganium erectum L. subspec. *polyedrum* Asch. et Græbn.
— — subspec. *neglectum* (Beeb.) Schinz et Thell.
Phragmites communis Trin.
Cyperus longus L. subspec. *eu-longus* Asch. et Græbn.
Scirpus lacustris L. (1)
Carex distans L.
— *riparia* Curt.
— *stricta* Good.
— *acuta* Good.
Juncus articulatus L.
Iris Pseudacorus L.
Rumex Hydrolapathum Huds.
Caltha palustris L.
Ranunculus Lingua L.
Thalictrum flavum L.
Nasturtium amphibium (L.) R. Br.
Spiræa Ulmaria L.
Althæa officinalis L.
Hypericum acutum Mœnch.
Lythrum Salicaria L.
Epilobium parviflorum (Schreb.) With.
— *hirsutum* L.
Angelica silvestris L.
Samolus Valerandi L.
Lysimachia vulgaris L.
Symphytum officinale L.
Myosotis palustris Lam.
Teucrium Scordium L.
Scutellaria galericulata L.
Stachys palustris L.
Lycopus europæus L. var. *glabrescens* Schmidely.
Mentha aquatica L.
Scrofularia aquatica L.
Veronica Anagallis L. var. *Anagallidiformis* (Bor.) Franch.
— *Beccabunga* L.
Galium palustre L.
Eupatorium cannabinum L.
Pulicaria dysenterica (L.) Gærtn.

Les amphiphytes ou végétaux pouvant subir des alternatives de submersion et d'émersion, grâce à des adaptations variées, comprennent :

(1) Le *Scirpus lacustris* peut s'avancer jusqu'au milieu de la rivière, où il est le premier agent de constitution d'îlots habités ensuite par les *Thypha*, les *Sparganium*, etc.

Alisma Plantago-aquatica L. subspec. *Michaletii* Asch. et Græbn.
Sagittaria sagittæfolia L.
Butomus umbellatus L.
Polygonum amphibium L.
Callitriche verna L. (*C. vernalis* Kütz.)
Hippuris vulgaris L.
Heliosciadium inundatum (L.) Koch.

Dans le voisinage immédiat de la zone occupée par les hélophytes et les amphiphytes, croissent assez souvent des espèces pour la plupart grimpantes :

Humulus Lupulus L.
Rubus cæsius L.
Convolvulus sepium L.
Solanum Dulcamara L.
Bryonia dioica Jacq.

Autour des petites mares du bois de la Berge-au-rond et environs, j'ai noté comme hélophytes :

Sparganium simplex L.
Glyceria fluitans (L.) R. Br. subspec. *eu-fluitans* Hack.
Juncus effusus L.
— *conglomeratus* L.
— *inflexus* L. var. *typicus* (Asch. et Græbn.) Briq. (*J. glaucus* Ehrh.)
Juncus articulatus L.
— *acutiflorus* Ehrh.
Ranunculus Flammula L. var. *erectus* Neilr.
Nasturtium officinale L.
Lythrum salicaria L.
Galium palustre L.

et comme amphiphytes :

Scirpus palustris L.
Alisma Plantago-aquatica L. subspec. *Michaletii* Asch. et Græbn.

III

Formations submergées, flottantes et nageantes.

Ces formations, étudiées dans le Clain, comprennent les éléments suivants :

1° Espèces submergées :

Najas marina L.

On sait que chez les *Najas* la fécondation et la maturation ont lieu complètement sous l'eau.

2° Espèces flottantes

Dont les fleurs émergent seulement à la surface de l'eau :

Potamogeton lucens L. var. *vulgaris* Cham.
Potamogeton pectinatus L.
Myriophyllum verticillatum L.

3° Espèces nageantes

Potamogeton natans L.
Nymphæa alba L.
Nuphar luteum (L.) Sm.

Ces espèces forment en général des colonies assez près des rives, le *Nymphæa* est bien plus abondant que le *Nuphar*.

La mare du bois de la Berge-au-rond ne contient que *Potamogeton natans* L. et *Myriophyllum verticillatum*.

L'esquisse des diverses formations de la végétation des environs de Mauroc que je viens d'ébaucher met bien en relief tout l'intérêt que présente la flore de ce charmant petit coin du Poitou, où, à l'élément floristique de l'Europe moyenne, viennent se joindre nombre d'espèces méridionales dont la plupart ne dépassent point la Loire ou sont très rares dans la région du Nord-Ouest. Il me suffit de rappeler la présence des *Adiantum capillus-veneris, Andropogon, Ischæmum, Scilla autumnalis, Celtis australis, Ficus Carica, Trifolium scabrum, Linum gallicum, angustifolium, salsoloides, Acer monspessulanum, Helianthemum salicifolium, polifolium, Phyllirea media, Carthamus lanatus.*

La flore des Bryophytes, Algues, Champignons présente également une grande variété et offrirait au phytogéographe un non moins vaste et intéressant champ d'investigations que celle des Siphonogames et Ptéridophytes auxquels je me suis limité dans cette étude.

En terminant, je me fais un agréable devoir d'exprimer ici toute ma gratitude à M. le Professeur Maige, Directeur de la Station de Biologie végétale de Mauroc, pour les encouragements de toutes sortes qu'il a bien voulu me donner. Je dois aussi de cordiaux remerciements à MM. Armand et Bézagu pour diverses indications qu'ils m'ont fournies.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 6

Fig. 1. — Garigues à *Juniperus communis*, sur le versant Sud-Sud-Ouest du plateau de Mauroc.

Fig. 2. — Le Clain près de Mauroc : espèces rivicoles *(Phragmites communis, Scirpus lacustris* etc.); colonies de *Nymphæa* et *Nuphar*. Dans le lointain, au-dessus du remblai de la ligne du Blanc-Limoges, la falaise de Passe-Lourdin.

Livre dédié à GASTON BONNIER.

Rev. gén. Bot. T. 25 bis *Planche 6*

1

2

DE LITARDIÈRE PHOT.

E. LE DELEY, IMP.

Flore des environs de la Station de Biologie végétale de Mauroc.

DÉFORMATION DES TOUFFES DE BRUYÈRES AU BORD DE LA MER

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES CAUSES PHYSIOLOGIQUES DU BUISSONNEMENT

par **M. H. DEVAUX**

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.

Introduction.

Les questions de morphogénèse des êtres vivants sont particulièrement attachantes pour les physiologistes. Ceux-ci voient, en effet, dans la forme acquise de l'être vivant la synthèse réalisée de tous les développements qu'a subi le corps jusqu'à ce moment : tous les facteurs, directs ou indirects, externes ou internes, qui ont pu agir sensiblement sur la croissance, dans le temps ou dans l'espace, y ont laissé une trace de leur passage, soit momentanée, soit permanente. Les influences si mystérieuses encore de l'hérédité, c'est-à-dire de ce qui semble le plus fixe, le plus caractéristique dans chaque espèce, sont également inscrites dans le corps de l'être, souvent par un caractère d'apparence infime comme l'existence de poils ou la couleur. Enfin les corrélations si multiples, qui font de ce corps un tout individuel, à la fois dépendant et indépendant, s'expriment admirablement dans *l'automorphose*, depuis l'œuf jusqu'à l'œuf en passant par l'état adulte et sans oublier les mortifications partielles ou totales qui frappent tous les êtres vivants.

Aussi les études de morphogénèse ont-elles, à juste titre, provoqué une multitude de travaux, tournés il est vrai principalement du côté

des influences morphogéniques causées par le milieu extérieur, lumière, chaleur, humidité dans le sol ou dans l'air, puissance osmotique du milieu où vivent les racines, agents chimiques divers.

Les botanistes géographes avaient, du reste, depuis longtemps distingué des *types de formes* ou *faciès* en les rattachant à l'action des facteurs précités. Parmi ces facteurs il y en a d'ordinaire un prépondérant qui imprime dans la forme les résultats de ses actions sur la croissance: faciès xérophyte, hygrophyte ou aquatique ; faciès héliophile ou ombrophile, etc.

Il est du reste très remarquable de constater que certaines actions extérieures, celles concernant l'eau surtout, appliquent à des formes très diverses des empreintes très analogues, sans doute parce qu'elles donnent une même empreinte au *milieu intérieur*.

Mais, d'autre part, il existe des types de formes extrêmement différents sur lesquels le milieu extérieur n'a guère qu'une action tendancieuse, à laquelle résistent de puissants facteurs internes. Tels sont par exemple, les formes d'arbre et d'herbe, de plante ligneuse et de plante herbacée. Ces formes sont si distinctes qu'elles sont la base de la classification la plus élémentaire, celle de l'homme le plus simple et le plus étranger aux sciences ; et cependant, chose étrange, les causes intimes qui déterminent l'œuf à évoluer suivant celle-ci ou celle-là sont encore complètement inconnues de nos plus savants physiologistes!

Ce seul exemple prouve, sans qu'il soit nécessaire d'insister, que l'étude de la morphogénèse est à peine abordée, et surtout par son côté le plus extérieur. L'étude des facteurs internes et de la synthèse d'action de tous les facteurs est seulement entrevue.

C'est que, au fond, cette étude est parmi les plus difficiles, et demande une prudence consommée. Il faut la faire par stades progressifs, en tâchant en particulier de *percevoir par quel mécanisme les actions extérieures modifient le milieu intérieur et, par là, la croissance*.

Le petit travail que je présente ici est une recherche faite dans ce sens. C'est une *introduction à l'étude des facteurs externes et internes du buissonnement,* c'est-à-dire d'un type spécial d'accroissement que présentent spontanément de nombreuses plantes, mais que d'autres peuvent aussi présenter sous l'influence de conditions extérieures favorables.

Je l'aborde ici par son côté extérieur, c'est-à-dire par l'influence morphogénique du vent sur la végétation buissonnante.

Végétation des buissons au bord de la mer.

Chacun connaît les déformations souvent considérables que subissent les arbres sous l'influence du vent, et combien ces déformations sont souvent marquées au bord de la mer. Les branches de l'arbre sont toutes déjetées dans le sens des grands vents marins les plus habituels, en même temps que le tronc lui-même. Dans les endroits très exposés, comme aux environs de Royan, par exemple, les arbres ou arbrisseaux *(Quercus Ilex* et *Phillyrea media)*, situés immédiatement au bord, ne peuvent plus s'élever: ils forment des touffes très basses, contournées, ramifiées, rabougries au ras du sol. Mais à l'abri de ces premières touffes, qui reçoivent directement l'effet du vent venant du large, il y en a d'autres un peu plus hautes qui, à leur tour, abritent les suivantes, si bien que, en quelques mètres, on passe de touffes tellement basses qu'on les foule aux pieds à des touffes d'un mètre et enfin à des arbres petits, mais sous le dôme desquels on peut circuler. L'ensemble forme un dôme incliné et comme taillé au ciseau.

Les Pins subissent aussi des déformations considérables, mais ne forment que des touffes grossières et non de vrais buissons quand ils sont particulièrement maltraités par le vent et les embruns (1). Ils n'arrivent guère à former des buissons proprement dits parce que certaines branches à végétation puissante tendent toujours à former des troncs volumineux.

Du reste, ce ne sont pas les arbres seuls qui subissent ces déformations intéressantes. On peut observer celles-ci, aussi accentuées, sur les simples buissons, comme le montre la fig. 3, photographie d'une Bruyère *(Erica vagans)* qui avait plutôt l'aspect d'une petite natte de verdure jetée sur le sommet de la falaise, que d'un buisson proprement dit. Cette Bruyère a été récoltée à Saint-Jean-de-Luz, à la pointe de Sainte-Barbe, particulièrement exposée aux vents d'Ouest et de Nord-Ouest.

(1) Devaux : Influence du vent marin sur les déformations du Pin maritime (*Procès-verbaux de la Soc. linnéenne de Bordeaux*, 4 mai 1905).

Le type de buisson de Bruyère tout à fait aplatie, reproduit ici est toutefois extrême. D'ordinaire la déformation est moins forte, les touffes de Bruyère ne sont que déjetées en chevelure dont l'épaisseur verticale est en somme notable, au moins 1 décimètre si la touffe est petite (fig. 1) et pouvant atteindre 3 et 4 décimètres, quand elle est grosse. Nous allons du reste en donner la description détaillée un peu plus loin.

Fig. 1. — *Erica vagans*. — Petit pied déformé par le vent de la mer, recueilli en septembre 1913 à Saint-Jean-de-Luz.

On voit à gauche les sommités fleuries. (Mais les feuilles étaient tombées par suite du séjour de l'échantillon au laboratoire). Toute la partie de droite, formant plus de la moitié du buisson avait été mortifiée dans son ensemble, probablement cette année même.

Hauteur maxima 40 centimètres; longueur de la tête ramifiée, 32 centimètres.

Indépendamment de la Bruyère on peut observer, sur cette côte, quelques autres plantes croissant en buissons, spécialement l'Ajonc (*Ulex europæus*) et l'Épine noire (*Prunus spinosa*). Cette dernière est rare, mais elle donne des types magnifiques de déformation, très différents du reste de la Bruyère, où l'on peut voir avec quelle netteté, quelle régularité, le vent déjette les ramifications de l'arbuste et en taille en même temps la surface comme avec une cisaille.

Quant à l'Ajonc il se comporte d'une manière moins docile, ce qui ne l'empêche pas de former aussi, seul ou associé avec les plantes précédentes, des buissons bien caractéristiques.

Pour fixer les idées, je rapporterai ici quelques observations faites sur la Bruyère.

Bruyère, (*ERICA VAGANS*)

La seule Bruyèré que l'on trouve en abondance sur la côte de Saint-Jean-de-Luz à Hendaye, est *Erica vagans*. On rencontre çà et là quelques pieds d'*Erica tetralix* (1), mais nulle part elle n'y forme des buissons comparables à la première, qui existe conjointement avec les Ajoncs dans toutes les friches du pays basque. Elle constitue au bord de la mer des buissons épais, formés de touffes isolées ou confluentes, larges de quelques décimètres à 1 mètre ou plus et atteignant d'ordinaire 35 à 40 centim. de hauteur quand elles ne sont pas abritées. Mais quand elles sont protégées, elles peuvent monter jusqu'à 1 mètre et peut-être plus.

Ces buissons présentent la végétation habituelle des Bruyères, végétation bien connue mais qu'il est nécessaire de rappeler ici. A cet effet je me bornerai à décrire les touffes volumineuses et peu déformées observées, par exemple, à quelques dix mètres du bord de la mer en situation légèrement abritée.

Buissons non déformés. — Chaque touffe isolée se présente comme un coussin arrondi, d'un beau vert, posé sur le sol. C'est une masse de verdure à rameaux dressés et serrés, portant des milliers de feuilles vertes et luisantes. Chacun de ces rameaux représente surtout la pousse feuillée de l'année, longue de 5 à 15 centimères ; mais les feuilles de l'année précédente subsistent aussi le plus souvent au dessous. Beaucoup de ces pousses étaient, du reste, surmontées de leurs inflorescences au moment où je faisais mes observations, (octobre 1913). L'ensemble des petites masses brunes formant les fleurs passées surmonte de quelques centimètres la surface du dôme de verdure et forme un deuxième dôme brun moins épais et plus ou moins discontinu.

En général chaque touffe représente un pied unique de Bruyère dont l'axe resté très court, bas et ordinairement couché, forme une grosse souche cachée sous la multitude de ses branches ramifiées au ras du sol. Cette souche primitive est du reste volumineuse, atteignant d'ordinaire plusieurs centimètres de diamètre. Mais les branches vivantes qui en partent ne sont pas si nombreuses qu'on serait porté à le croire, du moins si le buisson est un peu épais.

(1) Et aussi probablement *Calluna vulgaris*, mais je ne l'ai pas vérifié.

Ce buisson est alors toujours creux. La voûte de verdure d'apparence compacte qui forme sa surface extérieure n'est qu'une cloche recouvrant un espace à peu près vide de tout feuillage. Quand on écarte les rameaux verts extérieurs on aperçoit, en effet, un fouillis de menus rameaux morts, les uns tombés, les autres encore fixés, et il faut de l'attention pour distinguer, au milieu d'eux, les quelques branches ramifiées qui partent de la souche et constituent les seules parties vivantes à l'intérieur de la touffe. Quelques-unes des ces branches sont grosses; d'autres grêles et longues, vont à grand peine, de côté ou en haut, porter leurs rameaux feuillés à la surface extérieure.

Il règne sous toute la cloche une ombre particulièrement épaisse et c'est à ce manque de lumière qu'est due la mortification continuelle de toutes les ramifications abritées, comme pour les branches basses des arbres d'une forêt, et aussi la végétation pressée des rameaux feuillés formant la voûte.

Nous devons insister sur ce phénomène important, général pour tous les cas de buissonnement, parce qu'ici, pour les buissons du bord de la mer, il est particulièrement marqué.

Les branches feuillées et verticales de la touffe poussent si pressées qu'elles forment une voûte presque sans interstices, que la lumière ne peut franchir qu'après avoir traversé de nombreuses feuilles ou après des réflexions multiples, sauf en passant, çà et là, par de petites fissures. Aussi la lumière étant très tamisée ne permet plus à aucune végétation de s'établir dans la profondeur du buisson sauf dans quelques cas spéciaux dont je dirai un mot plus loin. C'est pourquoi aussi les branches basses du buisson sont mortifiées, à moins qu'elles n'arrivent à maintenir leurs pousses au niveau extérieur.

C'est le sort que subiront la plupart des nombreuses branches feuillées formant actuellement la surface externe du buisson quand elles seront dépassées. De cette multitude de rameaux frères, qui à ce moment pressent en foule leurs têtes vertes à peu près au même niveau, les plus faibles ou les moins bien placés seront recouverts, ils perdront progressivement leurs feuilles à partir des plus âgées, s'allongeront en devenant de plus en plus grêles, et à la fin leur mince squelette ira grossir le fagot de bois mort de l'intérieur du buisson. Les plus vigoureux, au contraire, grandissant en pleine lumière, se

ramifieront et continueront le dôme qu'ils hausseront un peu.

Mais, d'autre part, la végétation de ces rameaux est entravée aussi vers l'extérieur, ici surtout, dans les Bruyères du bord de la mer, et

Fig. 2. — *Erica vagans*. — Rameau dressé provenant du milieu d'un buisson croissant près du bord de la mer. (Saint-Jean-de-Luz, septembre 1913).

s, s. Sommets mortifiés. *m, m*, Rameaux minces morts ou mourants. *v, v*. Rameaux vivants qu'on a dû couper pour effectuer le dessin. — Hauteur totale 36 centimètres.

si bien entravée qu'il s'y produit aussi des mortifications continuelles. C'est ce que montre la figure ci-dessus qui représente une branche dressée au milieu d'un buisson (1).

(1) Pour l'exécution de ce dessin j'ai dû supprimer bon nombre de rameaux, autrement l'ensemble aurait été confus.

Tous les sommets de rameaux de l'année dernière et des années précédentes sont morts : La croissance a été continuée par 3 ou 4 branches situées immédiatement au-dessous. La végétation de la Bruyère est donc (ici du moins) nettement *en cyme*. Mais il n'y a pas eu simple avortement des points végétatifs, car chaque sommet est représenté par un moignon plus ou moins long, pouvant atteindre plus d'un centimètre, et d'un diamètre très notable. Il y a donc eu véritablement *mortification* des sommets à un moment donné. Cette mortification porte du reste, parfois, non pas seulement sur le sommet lui-même, c'est-à-dire sur la pousse terminale, mais encore sur les pousses les plus voisines, de sorte que *c'est la situation trop élevée ou la végétation prématurée de ces parties qui semble avoir causé leur destruction*. Lorsqu'au contraire les pousses sont bien abritées, leur point végétatif continue à se développer (1).

Ces faits importants démontrent que les pousses de Bruyère sont très sensibles à certaines actions extérieures, et il est bien probable que c'est dans ce sens qu'il faut chercher la cause qui amène, d'une manière habituelle, c'est-à-dire même pour les Bruyères poussant loin du bord de la mer, les têtes de ces pousses à ne pas dépasser un niveau moyen, celui de la surface générale de la touffe ; ce qui est un des caractères frappants de ces sortes de buissons.

FACTEURS EXTERNES DU BUISSONNEMENT. — 1° Le phénomène de buissonnement lui-même montre ici deux des facteurs extérieurs qui le déterminent : *Dans la masse du buisson la croissance est sans cesse sollicitée à augmenter pour tous les points végétatifs qui risquent d'être recouverts par les autres, tandis que, à sa surface extérieure au contraire, elle est entravée sans cesse pour tous les points végétatifs qui tendent à dépasser les autres.*

Toutes les têtes des rameaux feuillés en végétation sont donc sollicitées par des actions contraires : celles d'en bas qui les poussent à croître, celles d'en haut qui les en empêchent. Elles obéissent à la résultante en formant une voûte de verdure *où elles rencontrent, par leur association même, les conditions moyennes, seules favorables.*

L'épaisseur de cette voûte est du reste d'autant plus petite et sa compacité d'autant plus grande que les actions entravantes exté-

(1) J'ai du moins observé le fait sur *Erica cinerea* et *Calluna vulgaris* croissant aux environs de Bordeaux.

rieures sont plus puissantes, jusqu'à la limite de résistance de la plante.

Ces faits ne sont évidemment pas spéciaux aux plantes buissonnantes, ils se présentent dans tous les cas où il tend à s'établir une végétation pressée soit de plantes ligneuses (arbres dans une forêt, bois épais) soit de plantes herbacées ou même extrêmement basses comme les Mousses. Mais s'ils sont d'ordre général, ils ne déterminent pourtant la forme buissonnante que chez certaines espèces, ce qui nous oblige à reconnaître que *les facteurs primitifs du buissonnement sont internes.*

2° D'autre part, *la forme générale que prend un buisson* quelconque, et en particulier un buisson de Bruyère, résulte aussi de ces actions convergentes.

La limitation de la croissance de chaque rameau vers l'extérieur empêchant l'ensemble du buisson de monter en hauteur, l'oblige à s'étendre en surface ; les branches périphériques se couchent de plus en plus *dans leurs parties âgées* (1), tenant seuls leurs sommets, c'est-à-dire les pousses de l'année, relevés comme les branches d'un candélabre. Le coussin de verdure va donc en s'élargissant par une bordure arrondie et peu épaisse formée des pousses récentes les plus périphériques. Derrière cette bordure qui les protège, les autres pousses peuvent occuper une position plus élevée, mais sans jamais atteindre une grande hauteur même au sommet de la touffe parce que ce sommet est de plus en plus exposé aux actions entravantes extérieures.

On comprend dès lors que *si ces actions extérieures deviennent dissymétriques elles devront déterminer une déformation du buisson tout entier.*

Buissons déformés. — Quand on examine les touffes de Bruyère croissant loin du bord de la mer, ou bien à l'abri des vents du large, elles présentent une symétrie à peu près régulière, le sommet occupant à peu près le centre.

(1) Le mécanisme par lequel se produit le couchage de ces parties âgées des rameaux est à déterminer : il peut être d'origine purement mécanique (poids des sommets de la pousse, pression des pousses voisines) ; ou aussi représenter une action physiologique, une courbure tardive de croissance. Les exemples de courbure de troncs, de rameaux durs et lignifiés, ne manquent pas, même chez des plantes sans cambium. (Voyez Errera, Conflits de préséance, etc. *Bull. Soc. Bot. de Belgique*, T XLII, 1904).

Cette régularité parfaite est du reste souvent troublée, même loin du bord de la mer, en particulier par l'excentricité fréquente de la souche. Mais nulle part autant qu'au bord de la mer cette dissymétrie ne se présente accentuée et toujours orientée dans le même sens.

D'une manière constante, en effet, les touffes sont moins épaisses du côté tourné vers la mer que du côté opposé et la souche se trouve située sous ce côté mince du buisson, souvent tout à fait au bord. En même temps les rameaux se montrent couchés dans le sens opposé à la mer de sorte que l'ensemble du buisson semble fuir sous l'influence des grands vents.

C'est sur les talus et sur le bord immédiat des falaises que ces phénomènes se présentent dans toute leur ampleur. Je les ai étudiés sur un grand nombre de pieds de Bruyère poussant sur la côte d'Hendaye à Saint-Jean-de-Luz, où les vents d'ouest et de nord-ouest agissent avec une particulière violence, comme nous l'avons dit plus haut. Sur toutes ces pentes tous les bouquets de Bruyère sont littéralement couchés sur le sol comme s'ils avaient été balayés : la plante semble s'effacer le plus possible dans le sens du vent, elle s'applique sur la terre comme le ferait un animal qui se tapit pour résister au souffle de la tempête, dos au vent, pattes et tête allongées au ras du sol.

Cette apparence d'intention, d'adaptation, si souvent signalée pour les arbres et arbustes, est donc tout aussi nette pour les buissons ; mais nous allons voir que la forme dissymétrique acquise aussi dans ce cas est due tout simplement à ce que les actions entravantes extérieures sont devenues puissamment dissymétriques.

Touffe très aplatie en forme de paillasson. — Étudions, à titre d'exemple, la touffe aplatie signalée plus haut (fig. 3). Cette touffe croissait à l'extrême bord de la falaise, sur un talus incliné.

Elle présente un tronc de 15 à 20 millimètres de diamètre situé à 15 ou 20 centimètres environ du bord le plus exposé (voir la fig. 4 où le buisson est vu par dessous). Elle a végété tout d'abord du côté de la mer (peut-être à l'abri d'un buisson antérieur), en descendant le talus sur une longueur de 10 à 15 centimètres puis s'est divisée en 2 branches *b b'*. Mais l'aspect pris par ces branches

montre qu'elles n'ont pu continuer à végéter dans ce sens. Elles sont actuellement ondulées et contournées et se recourbent latéralement au ras du sol, une à droite et l'autre à gauche (1), puis émettent de nombreuses ramifications qui remontent la pente jusqu'à 60 centimètres de distance. Plusieurs de ces ramifications ont

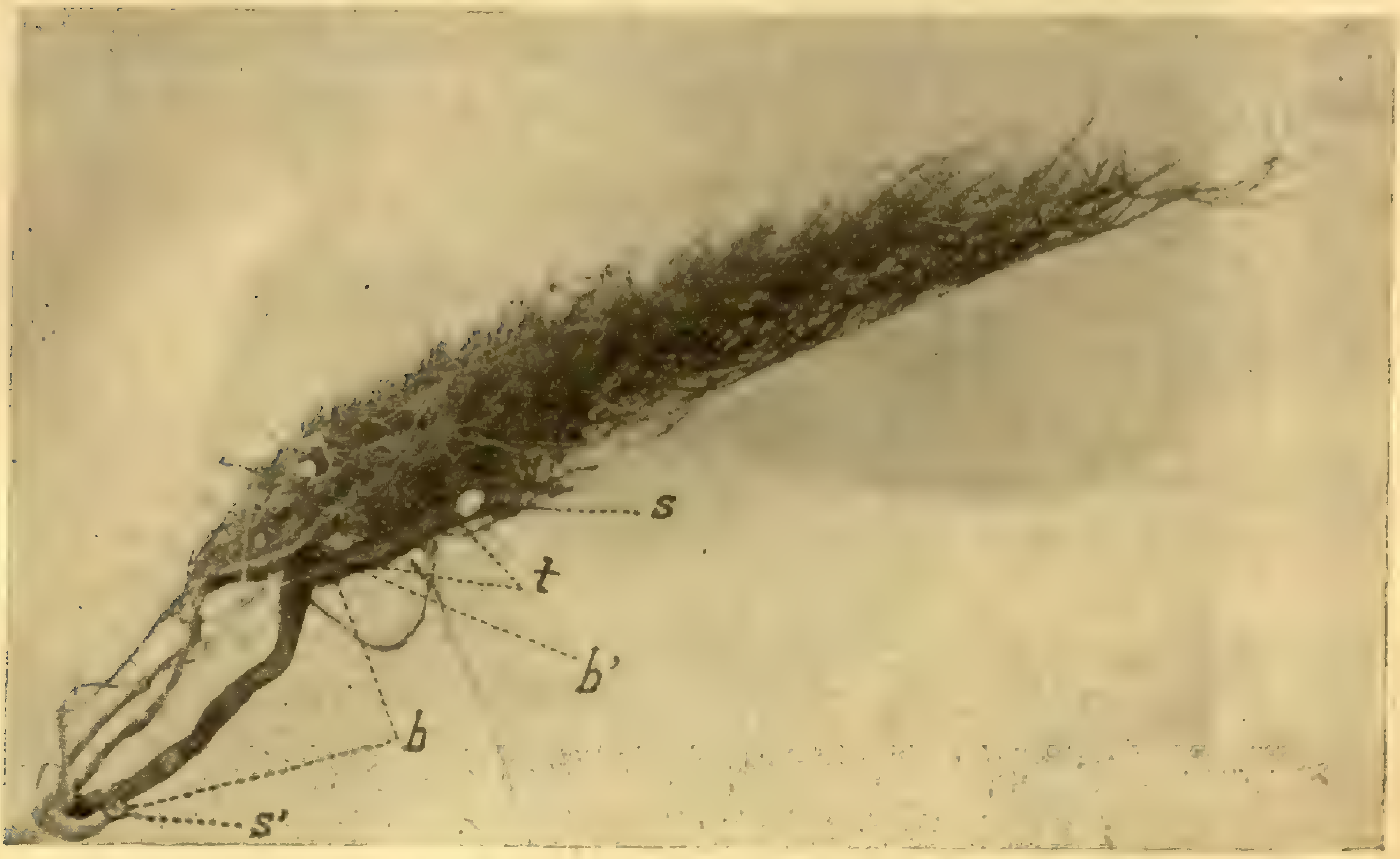


Fig. 3. — *Erica vagans*. — Photographie d'un buisson très couché, à la façon d'un paillasson, recueilli en septembre 1913, à Saint-Jean-de-Luz.

Sous la partie la plus épaisse on voit la section (S) du tronc (*t*) en blanc. Ce tronc descendait sur une longueur d'environ 10 à 15 centimètres, puis se divisait en deux branches (*bb'*) dont la plus antérieure, (*b*), seule visible sur la photographie, descend en se contournant à 20 centimètres plus bas. Cette branche était morte et brisée en (S').

La presque totalité du buisson provient des ramifications de *b'*.

Longueur maxima de l'ensemble 63 centimètres ; largeur 36 centimètres. Epaisseur au-dessus du tronc, 5 centimètres. Diamètre du tronc à la section (S) 15 et 20 millimètres. Le bois présente 22 couches d'épaississement. Quoique très vieux, ce buisson était donc très peu développé.

été émises du côté exposé au vent du large, mais elles n'ont pu parcourir dans ce sens que quelques centimètres et se sont retournées en courbes sinueuses en sens contraire.

Cette tendance à croître en décrivant des ondulations est du reste générale pour tous les rameaux. On le voit en regardant la

(1) Sur la figure le buisson étant vu par dessous ces deux branches sont à droite.

touffe par dessous (fig. 4) : tous les rameaux, même les plus gros. ont un trajet en zig-zag faisant des inflexions à droite et à gauche

Fig. 4. — *Erica vagans.* — Photographie du buisson précédent vu par-dessous mêmes lettres.

La branche *b'* se voit ici distinctement et se divise très vite en deux branches, l'une et l'autre contournées sous l'influence du vent. C'est de l'une d'elles que provient l'axe principal (*a*) du buisson que l'on aperçoit formant un zig-zag au milieu du lacis des branches.

de l'axe de symétrie du buisson. Chaque portion d'arc a une longueur de 2 à 6 centimètres avec une flèche d'environ 1 centimètre, le rayon de courbure de chaque portion variant de 2 à 5 centimètres. Il est évident, par le seul aspect de ces rameaux, *que la végétation du tronc et de tous ces rameaux tendait à se produire dans tous les sens, mais qu'elle n'a été permise qu'à peu près dans le sens du vent.*

Les mortifications sont ici extraordinairement abondantes. Toutes les branches, même les plus volumineuses, dont le sommet arrive à l'extérieur, se terminent plus ou moins brusquement en cône mort au sommet, avec de nombreuses ramilles qui ont subi le même sort. Ces mortifications se voient nettement partout où ces

Fig. 5. — *Erica vagans.* — Rameau pris dans un buisson très couché, appliqué sur un talus à l'extrême bord de la falaise (St-Jean-de-Luz, septembre 1913). *Orientation naturelle.* Agé probablement de 7 ans, il porte un grand nombre de ramifications, dont beaucoup n'ont pu être représentées *v, v*... Pour les autres il a été nécessaire de les écarter légèrement. On voit en *m, m*... l'abondance des sommets mortifiés. Une ramification de la branche A avait émis de nombreuses et fines racines R au contact du sol.

Longueur totale 35 centimètres. Diamètre en T, 3 millimètres.

pointes des rameaux sont à découvert, aussi bien sur les côtés qu'à la surface de la touffe. Ceci tient évidemment à ce que tous les rameaux ont une tendance à pousser le plus possible vers l'extérieur et en haut, ce qui amène le point végétatif hors de l'abri général. Aussi toutes les têtes sont tuées et sans cesse remplacées par de nouvelles pousses.

Cette végétation sympodique s'aperçoit facilement sur le dessin ci-contre (fig 5) qui représente une petite portion seulement d'un buisson très couché.

Dans ce dessin, nous avons marqué d'une lettre *(m)* les points végétatifs mortifiés. Ils sont si nombreux qu'il semble au premier abord qu'il a dû se produire plusieurs mortifications par an?

Mais la chose n'est rien moins que certaine, car un examen attentif m'a montré, semble-t-il, autant de couches annuelles dans une branche que de chicots mortifiés dans une file sympodique produite par cette branche. Sur celle dessinée ci-contre *(T)* il y avait 7 couches d'épaississements (autant que j'ai pu le distinguer du moins). Le fait est d'autant plus frappant que cette tige *(T)* n'a guère que 3 millimètres au plus de diamètre.

En réalité, si les ramifications semblent ici plus abondantes, c'est que les pousses annuelles sont courtes, nombreuses et très rapprochées. La plupart n'ont que 3 à 5 centimètres de longueur, il y en a beaucoup d'un centimètre, très peu dépassent 6 centimètres.

Toutes sont minces et grêles. Celles de l'année ont environ 1 millimètre de diamètre et les couches annuelles des autres ont environ un quart de millimètre d'épaisseur, ou même moins. (Sur le tronc de la fig. 3, elles atteignent environ un demi-millimètre.)

Malgré ces indices évidents de faiblesse de végétation, portant à la fois sur la longueur et sur la grosseur des rameaux, cette Bruyère émet toujours aussi abondamment des rameaux de remplacement. Au-dessous de chaque moignon mortifié, il existe un bouquet de 2 à 6 ramilles. Ces ramilles s'allongent faiblement, puis se ramifient de même ou bien meurent. De là l'aspect touffu et finement ramifié qu'a pris le buisson.

Les ramilles les plus fines, celles qui portaient les feuilles, sont très obliquement relevées et ces indices de tendance au redressement malgré l'action puissante du vent s'aperçoivent encore sur les moignons mortifiés *(m)*.

Mais ce redressement est très faible et ne peut être conservé ni accentué parce que la base grossit à peine. Ce manque de résistance par gracilité prolongée semble être la cause déterminante du couchage complet du buisson.

Quant à cette gracilité elle-même, elle est causée évidemment par les mauvaises conditions de végétation. Le vent entrave directement la croissance, (c'est assez probable du moins, en activant trop la transpiration). Mais en forçant les rameaux à vivre à la fois couchés

et pressés, il occasionne, secondairement, d'autres entraves très graves aussi.

La lumière, par exemple, ne frappe plus les têtes des rameaux comme dans un buisson ordinaire à pousses dressées, elle en frappe les flancs, de sorte que les plus superficielles en reçoivent trop, et celles immédiatement en dessous pas assez. Le couchage augmente donc la faiblesse.

Mais, inversement, l'affaiblissement de la rigidité détermine un couchage plus parfait, si bien que, *d'une manière automatique*, s'établit et s'accentue l'effet morphogénique : le buisson qui a commencé à avoir des branches fortement couchées les couchera de plus en plus.

Il résulte donc de cet enchaînement de causes et d'effets que, à partir du moment où la plante est devenue incapable de maintenir ses pousses feuillées en direction voisine de la verticale, elle doit céder : le buisson en touffe simplement déformée doit devenir buisson en paillasson entièrement couché.

Il m'a bien semblé, en effet, rencontrer ces deux types sans intermédiaires, mais les buissons du type paillasson sont trop rares pour qu'on puisse émettre une conclusion ferme.

Quoiqu'il en soit du reste, les diverses pousses sont ici imbriquées comme les tuiles d'un toit, à un degré extrême, ce qui établit une végétation rampante pour toutes les branches d'une plante dont les branches sont pourtant portées à se dresser sans cesse.

Le vent arrive donc à transformer un buissonnement du type dressé en un buissonnement du type rampant (rappelant celui des ronces, etc.) mais avec de nombreuses différences sur lesquelles il est inutile d'insister.

Notons seulement ici, en terminant, que ce type de buisson n'est pas creux : il s'applique directement sur le sol, et la couche verte qu'il forme n'atteint, du reste, que quelques centimètres, ce qui est une preuve directe que les conditions favorables à la végétation sont très étroitement limitées, d'un côté par le vent, d'un autre côté par le manque de lumière.

Résumé et conclusions (1).

En résumé, la Bruyère *(Erica vagans)* croissant au bord de la mer subit, sous l'influence du vent marin, des déformations manifestes pouvant devenir considérables.

A). Le vent agit sur cette plante : 1° En courbant mécaniquement les rameaux en voie de croissance ; 2° En entravant la croissance de ces rameaux probablement directement, mais aussi indirectement ; 3° En tuant chaque année les sommets des pousses trop exposées à son action.

B). La plante réagit, *ou plus exactement, continue à végéter :* 1° En redressant sans cesse ses pousses par géotropisme, de sorte que ces pousses prennent à la fin une direction obliquement relevée, du moins quand la plante est en situation pas trop exposée à l'action du vent. Mais elles peuvent être à peu près complètement couchées quand la plante végète en situation très exposée (buisson en paillasson). 2° En accroissant le diamètre pour les pousses dont l'accroissement longitudinal est entravé par le sommet, ce qui augmente rapidement leur rigidité. Tel est le cas surtout des pousses occupant le milieu d'une touffe pas trop exposée. 3° En émettant des pousses nouvelles et nombreuses au-dessous de chaque sommet mortifié, c'est-à-dire dans une situation mieux protégée.

C). Cette abondance de rameaux en des points rapprochés donne un ensemble touffu. C'est ce qui arrive dans un buisson ordinaire, mais ici d'une manière plus marquée, ce qui montre que le vent n'a fait qu'accentuer des phénomènes déjà présentés dans la plante. On pourrait en conclure, en dehors de toute autre observation, que d'autres plantes, non buissonnantes dans les conditions ordinaires, deviendraient buissonnantes sous l'influence du vent.

D). Les effets secondaires dus au grand rapprochement des rameaux se manifestent également ici, mais plus accentués ; en particulier : 1° La formation d'une voûte absorbant toute la lumière utilisable et occasionnant la mort ou la végétation étiolée de tout ce qui est au dessous. 2° L'affaiblissement de la croissance en longueur et en diamètre, d'où résulte une diminution générale des dimensions du buisson, avec augmentation de sa compacité apparente. 3° La

(1) J'ajoute ici quelques données supplémentaires.

protection mutuelle des rameaux contre l'action du vent, et, comme conséquence, la dissymétrie d'épaisseur totale du buisson, les mortifications plus grandes du côté exposé, etc ; en un mot les déformations d'ensemble que le vent fait subir aux végétaux ligneux.

Nous aurons à utiliser ces données pour l'étude des causes intimes du buissonnement naturel. Qu'il nous suffise de noter, en terminant, combien importants et marqués sont, pour la morphogénèse, les enchaînements de causes et d'effets, comme ceux que montre en particulier la végétation d'un pied de Bruyère au bord de la mer.

Bordeaux, le 29 novembre 1913.

L'ŒNOTHERA GRANDIFLORA

DE L'HERBIER DE LAMARCK

par M. Hugo de VRIES

Professeur à l'Université d'Amsterdam.

La théorie de l'origine des espèces par mutations résulte du principe des unités des caractères, que Darwin a esquissé dans son hypothèse de la Pangénèse. Il en a déduit qu'il doit y avoir au moins deux types bien distincts de variabilité. L'un d'eux, qu'on appelle maintenant la fluctuabilité, a pour cause les variations dans l'activité des unités existantes, l'autre, désigné sous le nom de mutabilité, se rapporte aux changements que l'apparition d'unités nouvelles, ou la disparition de caractères présents, peuvent produire. Les variations fluctuantes se groupent autour d'un centre de grande densité où les types moyens se trouvent réunis, elles sont d'autant plus rares qu'elles s'éloignent plus de cette médiocrité. Elles peuvent être isolées et perfectionnées par la sélection répétée, mais l'expérience montre que le progrès n'est que temporaire et ne cesse de dépendre de la continuation de la sélection. Elles ne sont pas l'origine de nouvelles espèces. Les mutations sont rares, quoiqu'on en connaisse maintenant un bon nombre d'exemples. Elles changent le type par un saut brusque, ordinairement faible, et donnent naissance à une nouvelle espèce élémentaire, qui dès le début, est indépendante du type qui l'a produite, qui se maintient constante, pourvu qu'il n'y ait pas de croisements avec d'autres formes.

Dans mon livre sur l'origine des espèces par mutations, j'ai réuni un grand nombre de faits en faveur des déductions qui me

semblent découler du principe de Darwin. Je les trouvais surtout dans l'expérience des agriculteurs et des horticulteurs et j'en ai contrôlé un bon nombre au moyen de cultures dans mon jardin d'expérimentation. Il me semble bien prouvé, au moins pour un grand nombre de genres de plantes, que les nouvelles formes apparaissent brusquement, sont constantes dès l'origine et ont la valeur d'espèces élémentaires comme on en trouve dans la nature. J'ai montré, en outre, que les variations fluctuantes ne se prêtent pas à la production de variétés indépendantes et que la sélection des agriculteurs repose plutôt, au moins pour les céréales, sur l'isolement de formes préexistantes, mais non reconnues, dans les mélanges qu'on appelait ordinairement des variétés ou des espèces.

Dans toute cette discussion j'ai eu soin de ne pas citer mes expériences sur les Œnothères. Elles forment un cas spécial et la théorie des mutations est un principe général qui en est absolument indépendant. Il est vrai, que c'est à présent le seul cas, dans le règne végétal, qui se prête aisément à des expériences directes sur l'origine des espèces, mais évidemment il n'est pas permis de conclure de cette circonstance que la théorie des mutations (1) serait fondée sur cet exemple seul.

Mes cultures m'ont appris que les Œnothères se trouvent à présent dans une condition de grande mutabilité. C'est le cas de l'Œnothère de Lamarck et, à un degré moindre, de quelques formes très affines, parmi lesquelles l'*Œ. biennis* de nos dunes offre sans doute le cas le plus frappant. Il me semble très probable que la mutabilité, dans ce groupe, n'a commencé que lentement, qu'elle s'est accrue au cours du temps parallèlement à l'évolution des formes qui, par la production répétée d'espèces nouvelles, a finalement conduit à l'apparition de l'Œnothère de Lamarck. C'est cette accumulation successive de caractères mutables que j'ai appelée période de mutabilité.

Les formes voisines de l'Œnothère de Lamarck, qui se rattachent probablement d'une façon plus ou moins intime à la lignée de ses ancêtres, et pour lesquelles il importe donc d'étudier expérimentalement le degré de mutabilité, sont malheureusement bien mal

(1) Leclerc du Sablon. De la nature hybride de l'Œnothère de Lamarck (*Revue générale de Bot.* T. XXII p. 266, 1910).

connues jusqu'à présent. L'*Œ. biennis* seul fait exception à cette règle ; il est considéré, par beaucoup de systématiciens, comme le type dont l'Œnothère de Lamarck est dérivé, et on sait, par les cultures de Stomps, qu'il peut produire, par mutation, au moins deux formes, analogues aux races dérivant de l'*Œnothera Lamarckiana* (1). Ce sont des *nanella* et des *semigigas*, précisément les mutations expérimentales qui ont le plus vivement intéressé les expérimentateurs et le public.

En dehors de l'*Œ. biennis* L. il y a principalement deux formes, qui semblent très voisines de l'Œnothère de Lamarck, et qui même ont, bien souvent, été confondues avec lui et avec l'*Œ. biennis* lui-même. De plus, leurs noms sont considérés par la plupart des auteurs comme synonymes. Ce sont l'*Œ. suaveolens* de Desfontaines et l'*Œ. grandiflora* décrit par Aiton. Le premier se trouve à l'état subspontané dans un grand nombre de localités de l'ouest de la France ; le second est une espèce dite indigène de l'Alabama. J'ai cultivé les deux formes dans mon jardin d'expériences, l'une à côté de l'autre. Elles ne se ressemblent pas du tout. Le *suaveolens* a le port de l'*Œ. biennis* L., mais les fleurs sont plus grandes, d'une odeur suave très prononcée, et les fruits sont de moitié plus longs. Le *grandiflora* est de taille plus haute, a le port de l'*Œnothera Lamarckiana*, mais il est de beaucoup plus grêle dans tous ses organes. Il a les fruits longs et étroits, en opposition aux fruits courts et trapus de l'espèce de Lamarck. Ses fleurs ont la même odeur que celles de l'*Œ. suaveolens*. Dans ce dernier les stigmates sont entourés des étamines, comme dans l'*Œ. biennis*, tandis que dans le *grandiflora* ils égalent ou même surpassent le sommet des anthères, comme dans le *Lamarckiana*.

Comme la synonymie des deux formes en question est entourée de beaucoup de doutes, je donnerai ici quelques indications bibliographiques (2) : Presque tous les auteurs citent Aiton, *Hortus Kewensis* (1810), comme l'autorité donnant l'*Œ. grandiflora*. Aiton lui-même, dans cette seconde édition, renvoie à Willdenow, *Species plantarum*, Vol II, 1799, p. 306, et celui-ci renvoie à la première édition d'Aiton (1789). Les descriptions de Aiton se bornent à la

(1) Th.-J. Stomps. Mutation bei *Œnothera biennis*, (*Biolog. Centralbl.* T. XXXII 1912, p. 521, Taf. I).

(2) *Nederl. Kruidk. Archief* VI. 4. 1895.

diagnose suivante : *Œn. foliis ovato-lanceolatis, staminibus declinatis, caule fruticoso*, ce qui, pour le sous-genre *Onagra*, nous apprend très peu de choses. Willdenow y ajoute seulement « *caulis folia et germina glabra, corolla flava maxima, petalis vix retusis* ». Aiton, dans sa première édition de l'*Hortus Kewensis*, ne donne pas l'espèce comme nouvelle, mais renvoie à L'Héritier, *Stirpes novae*, Tome II Tab. 4, volume bien plus rare que la première partie du même ouvrage et qui ne semble être consulté, sur ce point, que par peu d'auteurs.

Un échantillon authentique de Desfontaines de son *Œ. suaveolens* se trouve dans l'herbier général du Muséum d'histoire naturelle à Paris, où je l'ai étudié en 1895 et en 1913 (1). Par ses feuilles, par ses fruits très longs, par ses boutons très larges et par son port, il ressemble complètement à l'*Œ. suaveolens* de la forêt de Fontainebleau, que j'aurai bientôt l'occasion de décrire. Il ne peut y avoir aucun doute sur l'identité de cette forme. L'espèce a été publiée dans le « *Tableau* » de Desfontaines, livre rare à ce qu'il paraît, mais dont je possède la 1e et la 2e édition (2).

L'auteur ne donne pas de descriptions, mais seulement une liste des espèces cultivées au Jardin botanique du Muséum d'histoire naturelle à Paris. Dans la préface il dit avoir desséché un exemplaire de chaque espèce nommée et renvoie ainsi le lecteur à l'herbier du Muséum. En comparant les deux éditions on trouve qu'il a lui-même substitué le nom de *grandiflora Willd.* à son premier nom de *suaveolens*. En effet, les espèces de la première division, à capsules cylindriques, du genre *Œnothera*, sont les suivantes :

1e Edition 1804	2e Edition 1815
p. 169	p. 195
Œn. biennis L.	*biennis* L.
suaveolens	*grandiflora* Willd.
parviflora L.	*parviflora* L.

(1) Une photographie de cet échantillon a été publiée par M. Davis, dans le *Bulletin of the Torrey Botanical club*. T. 39 Pl. 39. Nov. 1912. Il se trouve dans l'herbier de Michaux mais l'étiquette porte le nom de *suaveolens* écrit de la main de Desfontaines. Malheureusement, sur le même carton un exemplaire d'une espèce tout à fait différente a été collé, avec l'étiquette : *Œnothera grandiflora*, auquel il ne ressemble guère.

(2) *Tableau de l'École de botanique du Muséum d'Histoire Naturelle*, Paris 1804, et *Tableau de l'École de botanique du jardin du roi*, 2e Édition, Paris 1815.

Œn. muricata L.	*muricata* L.
longiflora L.	*longiflora* L.
mollissima L.	*mollissima* L.
	odorata Jacq.
nocturna Jacq.	*nocturna* Jacq.
albicans Lam.	*albicans* Lam.
sinuata L.	*sinuata* L.

Il me semble donc qu'on est en droit d'inférer de ces données qu'en 1804 Desfontaines ne connaissait pas l'*Œ. grandiflora* d'Aiton, quoique la première édition d'Aiton fût de 1789 et le *Species plantarum* de Willdenow de 1799. Il semble avoir changé le nom en s'appuyant sur la diagnose trop courte de Willdenow. La synonymie reste donc bien douteuse.

Persoon décrit sous le nom de *suaveolens* une espèce à laquelle il ajoute comme synonyme douteux « *Œ. grandiflora* Ait. ? » (1). Il n'a pas d'espèce du nom de *grandiflora*. Le *Prodrome* de De Candolle donne les *grandiflora* Ait. et *suaveolens* Desf. comme espèces différentes, mais ajoute à la dernière « *An ad Œ. grandifloram referenda ?* (2) Les autres auteurs que j'ai pu consulter donnent les deux noms comme synonymes. Dans les flores de France on trouve généralement le nom *suaveolens* Desf. et non celui d'*Œ. grandiflora*. L'espèce est citée comme subspontanée dans tout l'Ouest de la France, spécialement Normandie, centre, environs de Paris, Lot-et-Garonne, Vendôme, vignes de Saint-Hilaire de Riez, Loire-Inférieure, vignes de Saint-Michel de Retz, etc. (3). Elle se répand de plus en plus. D'après des échantillons que M. X. Gillot d'Autun et M. F. Gagnepain ont eu la bienveillance de m'envoyer, l'espèce paraît être partout la même et identique à la forme de la forêt de Fontainebleau. Dans ce cas l'*Œ. grandiflora* de l'Alabama ne se trouverait pas à l'état subspontané, échappé des jardins, en France (4).

(1) Persoon, *Synopsis plantarum, seu enchiridion botanicum*. I 1805. p. 407.

(2) De Candolle, *Prodromus*, Tome III, 1828 p. 46, N° 8 et N° 9.

(3) Boreau, *Flore de France* ; *James Lloyd, Flore de l'Ouest de la France*. 1886. p. 132 ; G. Rouy et Camus, *Flore de France* 1900. Tome VII, etc.

(4) Pour prouver cette assertion, j'aimerais beaucoup semer des graines d'autant de stations que possible, dans l'espoir de trouver peut-être quelque part la deuxième forme. Je serais donc extrêmement reconnaissant aux botanistes qui

Dans la forêt de Fontainebleau l'*Œ. suaveolens* a une station si riche en individus que je n'en ai guère trouvé autant pour d'autres espèces, soit en Amérique, soit en Europe. Elle consiste en quatre localités quelque peu éloignées l'une de l'autre et situées autour du village de Samois. J'ai eu le grand avantage de visiter ces localités en compagnie de M. L. Blaringhem, qui les connaissait depuis une dizaine d'années et qui, d'ailleurs, m'en avait procuré des graines l'année dernière. J'avais semé ces graines dans mon jardin expérimental, étudié le degré de pureté des divers lots, ainsi que les caractères de l'espèce pendant tout le développement de la germination jusqu'à la production de nouvelles graines. De la sorte je m'étais suffisamment préparé pour apprécier l'état des stations surtout là où le *suaveolens* se trouvait mélangé au *biennis*.

M. Blaringhem avait désigné les quatre localités par A. B. C. et D, et me conduisit en premier lieu à la première. Elle est située sur la route de Melun à Fontainebleau, entre Samois et Bois-le-Roi près du cimetière de Samois. C'est un verger délaissé, à droite de la chaussée quand on vient de Melun. Il se trouve sur la pente de la colline siliceuse, et, en amont, on voit les roches à découvert entre les arbres de la forêt. Le terrain du verger est tout à fait envahi par des herbes, et des jeunes Chênes et des Pins de 12 à 15 années y poussent entre les vieux Pommiers mourants et rongés de lichens. Les Genêts y sont fréquents *(Sarothamnus scoparius)* et indiquent une pauvreté du sol en calcaire, et tout autour la forêt abonde en *Pteris aquilina* et en *Polypodium vulgare*, mais à quelque distance les Peupliers portent une riche végétation de Gui, ce qui indique, que, là au moins, le calcaire ne fait pas défaut. Les Guis se trouvent aussi sur les Peupliers qui environnent les autres stations. Ce verger portait entre deux et trois cents individus en fleurs et en fruits, et un grand nombre de rosettes de feuilles radicales, destinées à fleurir l'été prochain. Presque toutes les tiges portaient des capsules mûres, déjà ouvertes et laissant échapper leurs graines. Les sommets des épis étaient encore fleuris, aux larges fleurs à odeur suave. Les Œnothères appartenaient tous à la même espèce élémentaire, il n'y avait pas d'autres types mélangés au *suaveolens*

voudraient bien me prêter leur précieuse collaboration dans cette question en m'envoyant des graines, récoltées en France à l'état sauvage ou subspontané, des formes en question.

et les graines que M. Blaringhem m'avait envoyées de cette localité m'avaient donné aussi une culture uniforme et pure. C'est pourquoi je me propose de tirer de cette localité la race pour mes expériences.

De l'autre côté de la chaussée, éloignée seulement de quelques centaines de mètres, se trouve la localité B. Elle est de beaucoup plus grande et plus riche en individus. Nous en avons vu des milliers et des milliers en fleurs et en fruits, et un nombre correspondant de rosettes. La station commence, comme la première, dans un vieux verger entouré des Peupliers de la forêt et dans cette partie nous avons examiné, autant que possible, tous les individus, afin de nous assurer qu'il n'y avait point de *biennis* parmi eux. Après avoir constaté ce fait, nous avons récolté des graines sur quelques dizaines d'individus, ce qui nous donnait environ 300 cmc. de graines, dans le but de les semer ailleurs pour en avoir une station subspontanée plus aisément accessible.

Ici, comme dans l'Amérique septentrionale, les Onagres préfèrent les terrains défrichés et labourés. Ils ne se répandent pas dans les parties adjacentes de la forêt proprement dite. Par contre, ils recherchent les champs cultivés, et comme, de l'autre côté, le verger touche à des champs de Pommes de terre, des cultures d'Asperges et d'autres plantes potagères, les Œnothères se sont multipliés là d'une manière étonnante. Cependant ils y rencontraient l'*Œ. biennis*, qui ne se trouve pas dans la forêt, mais qui abonde dans les champs avoisinants. Il y en avait des milliers, soit en rosettes de feuilles radicales, soit en tiges mûres, mais seulement de très rares exemplaires étaient encore fleuris. Ici nous avons eu l'occasion de nous assurer de la validité des caractères et de la séparation très nette des deux espèces. Les rosettes de l'*Œ. biennis* ont, à cette époque, en octobre, des feuilles d'un vert plutôt pâle et luisant, et dont les bords se recouvrent de telle manière, que la rosette forme une plaque ronde sans lacunes. De plus, les feuilles se pressent contre le sol, ce qui rend les rosettes bien plates. L'*Œ. suaveolens*, au contraire, a des feuilles d'un vert plus foncé, plus longues et étroites, ne se touchant presque pas et plus ou moins arquées. Il arrive bien souvent que les tiges mûres produisent, à leur base, des rosettes latérales, et ceci nous a donné un moyen de contrôler notre détermination faite sur les fruits. Il est bien connu que, dans les épis des

Œnothères, la grandeur des fruits diminue de la base vers la partie moyenne, pour diminuer encore un peu vers le sommet. Il ne faut donc comparer, en étudiant les différences entre deux espèces affines, que des fruits pris à la même hauteur de l'épi. Ceci posé, on peut dire que les fruits de l'*Œ. suaveolens* sont environ de moitié plus longs que les fruits correspondants de l'*Œ. biennis*. Lorsque ce caractère se trouve combiné à la grandeur et à l'odeur des fleurs, il ne reste aucun doute sur l'identité de l'échantillon examiné. Mais bien souvent, et surtout dans le cas de l'*Œ. biennis*, il n'y avait plus de fleurs. C'est alors que, ayant reconnu la plante par ses fruits, nous l'arrachions pour trouver la confirmation de notre détermination dans les rosettes latérales.

Cette station s'étend sur environ un kilomètre dans les champs d'herbes potagères et, plus on s'éloigne de la forêt, plus les *biennis* augmentent en nombre tandis que les *suaveolens* deviennent plus rares. Nous avons vu des champs où le sol était, par places, presque complètement couvert par les rosettes. C'est dans ce mélange qu'il faut s'attendre à trouver des hybrides naturels entre les deux espèces en question. L'un de ces hybrides, l'*Œ. suaveolens* × *biennis* est bien connu par les recherches expérimentales de M. Gagnepain qui l'a cultivé et décrit il y a une douzaine d'années (1). Mais comme je n'avais pas cultivé ces hybrides l'année dernière, je n'y ai pas fait attention dans notre visite à la station de Fontainebleau.

La station C se trouve de l'autre côté de Samois, sur la route allant à Moret-sur-Loing. C'est une ancienne carrière, où l'on déterre les pierres pour les murailles des bâtiments. Il y a du calcaire, mais les Genêts n'y manquent pas. La carrière se trouve au milieu d'un champ délaissé et les Œnothères y fleurissaient par milliers. Seulement, c'était un mélange à parties presque égales des deux espèces en question, et les graines que j'en avais semées dans mon jardin m'avaient offert le même mélange. Nous avons rencontré ici une douzaine d'exemplaires de l'*Œ. suaveolens*, aux fruits longs et aux fleurs grandes et odorantes, mais dont les pétales avaient une couleur jaune soufre, ce qui nous rappelait l'*Œ. biennis sulfurea* de Tournefort. Nous trouvions en outre des fascies, des fleurs sans pétales et d'autres déviations. Dans l'herbe et sur les champs avoisi-

(1) F. Gagnepain, Sur un hybride artificiel *Œnothera suaveolens* × *biennis* *Bull. Assoc. Franç. de bot.* Août Septembre 1900).

nants, les rosettes de feuilles radicales des deux espèces abondaient. *Pteris aquilina*, une plante calcifuge, remplissait le taillis environnant tandis que l'*Inula Conyza* et le *Chondrilla juncea* attiraient notre attention dans la carrière et dans les champs. Un peu plus loin dans la forêt se trouvait un taillis de *Robinia Pseudacacia*, correspondant à la quatrième station des Œnothères (1).

Dans l'Alabama j'ai étudié l'année dernière, Septembre 1912, trois stations de l'espèce élémentaire que les auteurs américains désignent sous le nom d'*Œ. grandiflora* Ait. Elles se trouvaient à Mobile, grande ville marchande tout près du golfe du Mexique, à Castleberry, une des stations de la ligne du chemin de fer de Mobile à la Floride et à Dixie Landing, sur la rivière qui porte le même nom que l'État. La station de Castleberry était la meilleure des trois. Les Œnothères s'y trouvaient sur un champ de Maïs, à une distance d'une demi-heure du village, le long du chemin de fer du côté de Mobile. La station avait été très riche en individus, il y a quelques années, lorsque le champ était en friche. Maintenant il était cultivé et entre les pieds de Maïs les rosettes abondaient, mais les tiges fleuries étaient reléguées au bord. Nous en trouvions en fleurs et en fruits ; des graines de l'échantillon le plus vigoureux, j'ai eu cette année une culture très pure et uniforme de l'espèce en question. Il n'y avait pas d'autres espèces dans le voisinage à l'exception des rosettes de l'*Œ. laciniata*, plante aux tiges couchées sur la terre et fleurissant à une autre époque de l'année. Il n'est guère probable qu'elle puisse donner des hybrides avec l'*Œ. grandiflora*, aussi n'en avons-nous pas trouvé. La station de Mobile était tout près de la ville, et probablement échappée des jardins, où nous avons vu l'espèce à l'état cultivé. On l'aime beaucoup pour ses fleurs grandes et luisantes, d'une odeur très agréable.

Après Mobile et Castleberry, j'ai visité la station de Dixie Landing en compagnie de M. H. H. Bartlett de Washington (2). Cette localité avait été découverte un peu avant 1778 par le voyageur Bartram, qui récoltait des graines pour l'horticulteur anglais John Fothergill. Celui-ci les a mises dans le commerce dès l'année citée.

(1) Voir l'article de M. Blaringhem dans ce volume : « *L'Œnothera Lamarckiana* Seringe et les Œnothères de la Forêt de Fontainebleau ».

(2) The evening primroses of Dixie Landing, Alabama. (*Science*. N. S. vol. xxvx N° 921 p. 599-601 Nov. 1912).

Depuis ce temps l'espèce se trouve cultivée dans les jardins de l'Angleterre et d'autres pays de l'Europe ; elle ne semble cependant pas être bien répandue. Lorsque nous visitâmes Dixie Landing, les Œnothères y croissaient par milliers d'individus sur les champs délaissés de Coton. Il ne se répandaient guère dans le bois vierge environnant. Nulle part, cependant, l'*Œ. grandiflora* n'était pur dans ces environs, partout il se trouvait mélangé à au moins une autre espèce, l'*Œ. Tracyi*, décrit par M. Bartlett. La plupart des plantes, c'est-à-dire plusieurs milliers, étaient encore en fleurs, quoiqu'elles portaient déjà des fruits mûrs. C'était surtout le cas dans les champs délaissés depuis plusieurs années et qui étaient envahis par une herbe haute, que les Œnothères ne parvenaient que rarement à surpasser. Dans les champs, qui indiquaient par les restes des Cotonniers qu'ils avaient été cultivés l'année précédente (1911), nous trouvâmes aussi des centaines de rosettes à feuilles radicales.

Les hybrides entre l'*Œ. grandiflora* et l'*Œ. Tracyi* paraissaient être aussi fertiles que les espèces mères, et il était tout naturel de trouver, parmi eux, des types issus de croisements successifs, ternaires et quaternaires. Aussi avons-nous pu distinguer une douzaine de formes intermédiaires. Quelques-unes d'entre elles semblaient même indiquer le concours d'une troisième espèce, et comme elles se rapprochaient de l'*Œ. Lamarckiana* par les caractères de leurs fleurs et leurs boutons floraux, il ne me paraît pas impossible que cette espèce ait été introduite là aussi, et qu'elle ait pris part aux croisements. Malheureusement les hybrides en question ne portaient pas de fruits mûrs. Nous n'avons pas pu nous assurer de la présence des espèces typiques pures dans cet endroit ; ni l'*Œ. grandiflora*, ni l'*Œ. Tracyi*, ni d'autres ne se trouvaient représentés par des échantillons d'une pureté incontestable. Aussi, il nous parut très imprudent de tirer de cette localité des races pour des cultures expérimentales comme l'a fait M. Davis, avant de connaître la population mélangée des Onagraires de Dixie.

Il me reste à rappeler le fait que, dans l'Alabama, on n'a pas encore rencontré la forme cultivée et subspontanée connue en France sous le nom d'*Œ. suaveolens* Desf. De plus, cette forme ne semble pas encore avoir été retrouvée ailleurs en Amérique.

L'herbier de Lamarck a été acquis au Muséum d'histoire natu-

relle en 1886 (1). Lamarck lui-même l'avait vendu en 1824 à J. A. C. Roeper qui le transporta à Rostock, lorsqu'il fut nommé professeur à cette Université. Roeper a intercalé les échantillons de Lamarck dans son propre herbier, qui passa en la possession de l'Université de Rostock en 1877 environ et fut uni à l'herbier du jardin botanique de cette ville. En 1886 l'herbier de Lamarck fut extrait de l'herbier de Rostock et retourna en France. Les échantillons n'étaient pas fixés sur leurs papiers (2).

Lamarck n'a publié que les quatre premiers volumes de la Botanique dans l'*Encyclopédie botanique* (1783-1796), Poiret, son collaborateur pour le quatrième volume, a continué la partie botanique dans cette *Encyclopédie* (Tome V-XIII, 1804-1817.) Il avait la coutume d'indiquer dans l'herbier de Lamarck les spécimens sur lesquels il fondait sa diagnose, par les mêmes numéros que portaient les espèces correspondantes dans l'*Encyclopédie* (3). Pour les Onagraires, ces numéros ont été perdus dans l'herbier, en 1900, lorsque les échantillons et les étiquettes furent collés sur de nouveaux feuillets. Cependant, j'ai eu l'avantage d'étudier l'herbier en 1895 et j'ai pris des notes sur les espèces qui m'intéressaient. Le numéro de l'espèce *Œ. grandiflora* Lam. est 12, le dernier de la série des Onagraires. Je trouvai, dans la même enveloppe, deux échantillons qui portaient ce numéro, et qui correspondaient donc à la diagnose et doivent en être considérés comme les spécimens authentiques (4). Tous les deux étaient des tiges magnifiques, bien fleuries, et assez bien conservées.

Malheureusement, ces deux échantillons ne représentent pas la même espèce élémentaire. On peut se demander lequel des deux est le vrai spécimen authentique, correspondant à la diagnose dans l'*Encyclopédie*. Pour cette raison je les ai soumis à un examen critique en 1895, et j'ai répété cette recherche en 1913. Il me paraît bien évident que la diagnose correspond à l'un de ces échantillons et non à l'autre et que le premier doit, en conséquence, être considéré comme le type de l'espèce. Tous les auteurs qui se sont intéressés à

(1) Bureau (*C. R. de l'Acad d. Sc.*, janvier 1887.)

(2) Ed. Bonnet. L'herbier de Lamarck, son histoire, ses vicissitudes, son état actuel. (*Journal de Botanique*. T. 16. 1902, p. 129-138).

(3) Bonnet, l. c. p. 135.

(4) *Die Mutations-Theorie*. Vol. I, 1901, p. 317.

ce sujet sont de la même opinion, à l'exception seule de M. Davis, qui prend l'autre exemplaire pour le type de l'espèce. Pour cette raison il me semble utile de décrire les résultats de mes recherches avec tous les détails nécessaires (1). Je désignerai les deux échantillons par (A) et par (B), le premier étant celui que je tiens pour le type de l'espèce (2).

L'échantillon (A) est évidemment un rameau latéral cueilli en automne. Il porte lui-même deux branches fleuries. Il a quatre fleurs et un grand nombre de boutons floraux, mais pas de fruits. Seulement on voit un ovaire d'une fleur tombée probablement quelques jours auparavant. Les fleurs ont les stigmates étalés, surpassant clairement les sommets des étamines, ce qui est un des meilleurs caractères de l'espèce qu'on connaît à présent sous le nom d'*Œ. Lamarckiana* Seringe (*Œ. grandiflora* Lam.). Les fleurs sont très grandes, mais dans les plantes cultivées elles sont ordinairement plus petites sur les branches de l'automne que sur l'épi principal. Les boutons sont larges, ce qui est un autre caractère, qui distingue l'*Œ. Lamarckiana* notamment de l'*Œ. grandiflora* de l'Alabama, qui a les boutons très minces.

L'échantillon (B) est ramifié lui aussi et porte un assez grand nombre de fleurs et de boutons floraux. Il est de beaucoup plus feuillu que l'autre. M. Davis en a étudié la photographie avec beaucoup de soins et l'a comparée aux races hybrides dérivées de la station de Dixie Landing, en Alabama, que j'ai décrite plus haut. Peut-être l'échantillon (B) a-t-il été cueilli lui-même sur un exemplaire hybride du Jardin des Plantes.

Le rameau (A) porte sur l'étiquette l'indication « *d'amérique sept.* » ce qui nous apprend que la plante a été recueillie en Amérique. L'étiquette du rameau (B) porte le nom *grandiflora* entre parenthèses, ce qui, à mon avis, indique que Lamarck et Poiret ne l'ont identifié à l'autre qu'avec un certain doute, justifié

(1) Dans mon livre sur la *Mutations-Theorie,* (Vol. I, 1901, p. 313-318) j'ai exposé les résultats de mes recherches dans les herbiers du Muséum d'histoire naturelle, faites en 1895.

(2) M. Davis a publié une photographie de l'échantillon B. dans : *Bull. of the Torrey Botanical Club,* T. 39. p. 519-533. 19 Nov. 1912. Voir la Planche 37. Il n'a pas visité le Muséum d'histoire naturelle et il semble qu'il n'a pas connu l'échantillon A. Ceci expliquerait la confusion qui l'a conduit à penser que l'*Œ. grandiflora* Lam. ne serait autre chose qu'une forme de l'*Œ. grandiflora* de l'Alabama, ce qu'il n'est certainement pas.

d'ailleurs par leur ressemblance bien insuffisante. L'étiquette (B) porte en outre : « *flores magni lutei, odore grato, caulis 3 pedalis* ». Dans la description que l'auteur ajoute à la diagnose trop courte dans l'*Encyclopédie* (Tome IV, p. 554), il ne fait pas mention du caractère de l'odeur, ce qui prouve que l'odeur agréable n'était pas un caractère du type authentique, mais une marque spéciale de la forme (B). Cette remarque rapproche la dernière de l'*Œ. grandiflora* de l'Alabama.

La description se termine par la phrase : « On la cultive au jardin du Muséum d'histoire naturelle (V. S.). Les lettres V. S. (vidi siccum) indiquent que l'auteur a basé sa diagnose sur le spécimen desséché, mais il est bien clair qu'il a étudié aussi les plantes du Jardin des Plantes, parce qu'il décrit les fruits et que les fruits manquent sur chacun des deux échantillons (A) et (B).

M. Bonnet, qui a étudié à fond les anciens herbiers conservés au Muséum d'histoire naturelle, est arrivé à la conclusion que les plus grands botanistes, ceux qui ont mis le plus de précision dans leurs descriptions et d'ordre dans leurs ouvrages, sont précisément ceux qui ont le plus négligé leurs collections de plantes sèches ; c'est pourquoi un échantillon d'herbier ne doit servir à infirmer une description publiée que s'il n'existe aucun doute sur son identité. La description vaut mieux que l'herbier (1). Or, il est évident que l'échantillon (A) correspond exactement à l'espèce comme on la connaît à présent, tandis que l'échantillon (B) est entouré de doutes.

La description de l'espèce N° 12 dans l'*Encyclopédie* comprend, en dehors des caractères visibles sur les échantillons de l'herbier, la description des fruits, que l'auteur a probablement étudié sur des spécimens du Jardin des Plantes. Il dit que la nouvelle espèce diffère de l'*Œ. longiflora* par « ses fruits lisses et courts ». Cette indication nous met en état de trancher la question. Comparés à ceux du *longiflora* les fruits de l'*Œ. Lamarckiana* Ser. et de l'*Œ. grandiflora* de Castleberry, en Alabama, sont lisses tous les deux, alors que l'*Œ. longiflora* les a couverts de longs poils. Mais l'*Œ. grandiflora* a les fruits minces et longs, tandis que le *Lamarckiana* les a courts et trapus. On s'en convaincra aisément en comparant la figure ci-jointe qui représente en grandeur naturelle les fruits de la partie

(1) Ed. Bonnet, l. c. p. 138.

moyenne de l'épi, combinés à ceux de l'*Œ. suaveolens* de Desfontaines (fig. 1).

Donc, si M. Davis est en droit d'identifier l'échantillon (B) à l'*Œ. grandiflora*, cet échantillon doit avoir été pris sur une plante à fruits longs et minces, ce qui ne répond pas à la description donnée dans l'*Encyclopédie*. Au contraire, l'échantillon (A) correspond exactement à l'espèce qu'on cultive maintenant et dont les fruits sont conformes à la diagnose de Lamarck.

De toute cette discussion, un peu longue, il résulte que l'échantillon (A) est le spécimen authentique de l'*Œ. grandiflora* Lamarck (*Œ. Lamarckiana* Ser.) et que l'autre rameau a été ajouté au même numéro avec la négligence ordinaire des grands savants, indiquée par M. Bonnet. D'ailleurs, tous les auteurs sont du même avis sur ce point. Le premier, et peut-être le principal appui est donné par le spécimen de l'Abbé Pourret, qui se trouve dans la collection léguée en 1847 au Muséum d'histoire naturelle par le Dr Barbier. Cet échantillon porte le nom d'*Œ. grandiflora* Lamarck., écrit en grandes lettres par le secrétaire de l'Abbé ; il est évidemment originaire de l'époque à laquelle Lamark reçut son exemplaire, et provient probablement des cultures du Jardin des Plantes (1). Il consiste en deux épis fleuris et deux fleurs isolées, collés sur le même feuillet sur lequel est inscrit le nom. Les fleurs sont grandes, les stigmates s'élèvent au-dessus des étamines et les boutons floraux sont larges. Par tous ces caractères et par son port, cet échantillon montre clairement qu'il appartient à la race que je cultive maintenant, et le nom *grandiflora* Lam. indique que Pourret le prenait pour identique au spécimen authentique de Lamarck.

Fig. 1.- Fruits mûrs d'Œnothères. A. *Œ. suaveolens* Desf. — B. *Œ. grandiflora* Ait. — C. *Œ. Lamarckiana* Ser. — Grandeur naturelle.

Seringe a changé le nom de Lamarck — *Œ. grandiflora* — en lui

(1) Dans la collection de l'Abbé Pourret, il y a en outre un échantillon de l'*Œ. biennis* L. C'est celui dont M. Davis a publié une photographie (l. c. Pl. 38) en le confondant avec l'échantillon de l'*Œ. grandiflora* Lam., de Pourret qu'il paraît ne pas connaître.

substituant le nom de *Lamarckiana* qui est maintenant généralement adopté. En comparant le spécimen authentique de Lamarck à l'*Œ. grandiflora* décrit par Aiton dans l'*Hortus Kewensis*, il découvrit que les deux types ne sont pas les mêmes et en conclut qu'il valait mieux ne pas leur donner le même nom (1). Il est donc évident que Seringe admettait l'identité de l'espèce actuelle avec le type de Lamarck.

Mes cultures de l'*Œnothera Lamarckiana* dérivent d'un champ délaissé des environs de Hilversum, où les Œnothères s'étaient échappés des cultures avoisinantes de M. Six. Celui-ci avait acheté ses graines chez Benary d'Erfurt. La maison Benary a offert l'espèce pour la première fois en 1861 en renvoyant à une recommandation faite par le « Royal Horticultural Society » de Londres (2). Les graines provenaient de l'établissement de MM. Carter et Cie à High Holborn près de Londres, qui venaient de les mettre dans le commerce en s'appuyant sur la détermination faite pour eux par Lindley (3).

La haute autorité de ce dernier prouve donc, encore une fois, l'identité de l'espèce actuelle avec le type de Lamarck.

Il résulte de cette discussion que le nom *Œ. grandiflora* Lamarck. = *Œ. Lamarckiana* Ser. est donné par Lamarck, Pourret, Seringe, Lindley et presque tous les autres auteurs, à l'espèce uniforme et bien connue qu'on cultive maintenant sous ce nom. Seul M. Davis, en s'appuyant sur le second échantillon de l'herbier de Lamarck est d'une opinion contraire. Il identifie cet échantillon à l'*Œ. grandiflora* de l'Alabama. Mais comme ce dernier a les fruits minces et longs (fig. 1, B.) et que Lamarck décrit les fruits de son espèce comme courts (fig. 1, C.), il est bien clair que M. Davis fait une erreur sur ce point. La synonymie des Œnothères est déjà assez embrouillée ; il est bien heureux qu'il ne soit pas nécessaire de l'embrouiller davantage en changeant le nom de l'espèce le plus universellement cultivée.

MM. Carter et Cie disaient avoir reçu leurs graines du Texas, mais l'espèce n'a jamais été retrouvée dans cet État. C'est pourquoi

(1) Seringe, dans *De Candolle Prodromus Regni vegetabilis*. Vol. III, 1828. p. 46.

(2) *Berichte d. deutschen Bot. Ges.* 1905, T. XXIII p. 384.

(3) *Floral Magasine*, 1862. Comparez aussi *L'illustration horticole*, 1862, Pl. 318.

M. Davis pense qu'il est possible que MM. Carter et Cie avaient reçu leurs graines d'une autre localité, par exemple des dunes des environs de Liverpool où l'espèce abonde. Il est certain que les indications de ce genre sont souvent données par les horticulteurs plutôt dans l'intérêt de la réclame que dans celui de la science pure, et qu'ils n'aiment pas à offrir des espèces en les désignant comme indigènes dans leur pays. Si, à l'exemple de Davis, on laisse tomber l'origine texane, la culture actuelle se rapproche évidemment de la culture d'il y a un siècle, dans le Jardin des Plantes, et on serait probablement en droit de supposer que les *Lamarckiana* de Liverpool sont originaires soit de la même importation de l'Amérique que les plantes de Lamarck et de Pourret, soit d'une autre importation de la même époque.

A ce point de vue il est intéressant de comparer la figure donnée dans Smith, *English Botany*, (Vol. VI, 1807, Pl. 1534.) C'est un Œnothère à grandes fleurs, décrit sous le nom d'*Œ. biennis*. Le spécimen avait été cueilli dans les dunes de sables qui longent la côte près de Liverpool, où les Œnothères se trouvaient, de ce temps comme du nôtre, par milliers d'exemplaires. La planche représente une fleur sur l'épi comme figure principale, et comme figure de détail les organes sexuels. Dans toutes les deux, les stigmates surpassent les étamines, ce qui est le caractère qui distingue le plus nettement l'*Œ. Lamarckiana* de l'*Œ. biennis*. Tous les autres caractères visibles sur la planche sont les mêmes pour les deux espèces. S'il est permis de se fier à ce détail, on est en droit de conclure que l'*Œnothera Lamarckiana* se trouvait déjà, du temps de Lamarck, à l'état subspontané dans les dunes de Liverpool, exactement comme maintenant, et cette conclusion plaiderait évidemment en faveur d'une origine commune pour l'échantillon de Lamarck et pour l'espèce actuelle.

RECHERCHES
SUR LE RÔLE DES DIFFÉRENCIATIONS CYTOPLASMIQUES
DU SUÇOIR MICROPYLAIRE DE L'ALBUMEN
DE *VERONICA PERSICA* POIR.
DANS LA FORMATION DE CELLULOSE

par M. Paul DOP

Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Si le protoplasma périphérique d'une cellule est normalement le siège d'une sécrétion de cellulose, on connaît cependant un assez grand nombre de cas dans lesquels des parties internes du protoplasma sont capables de se métamorphoser directement en cellulose. Ce phénomène a été observé dans le thalle de *Caulerpa*, le microsporange d'*Azolla* et de *Salvinia*, les suçoirs de l'albumen de certaines Scrofulariacées et Plantaginacées, les cellules du tégument des graines de *Torrenia*, *Corydalis*, *Verbascum*, *Cuphea* et du suspenseur de *Phaseolus*, et dans les racines des plantes envahies par des mycorhizes.

L'importance théorique de ce phénomène a été longuement discutée par Strasburger [**7**] et Tischler [**10**]. Quant au mécanisme même de la métamorphose directe du cytoplasme en cellulose, il a fait l'objet de plusieurs études.

A la « Hautschicht Theorie » de Janse basée sur des observations inexactes, ont succédé les théories granulaires bien mises en lumière par les travaux de Buscalioni [**1, 2**] et de Tischler [**8, 9**].

Dans une série de recherches conduites avec une rare sagacité, Buscalioni montre que dans les cellules haustorielles, dérivées de

l'albumen des graines de *Veronica hederæfolia* et de *Plantago lanceolata,* dans les cellules du tégument de la graine des *Verbascum,* le processus de formation des poutrelles cellulosiques est le suivant : Le premier stade est caractérisé par la vacuolisation du cytoplasme, qui prend un aspect réticulaire et fibrillaire. Dans les travées cytoplasmiques séparant les vacuoles apparaissent de gros « microsomes », qui se transformeront directement en grains cellulosiques. Secondairement, une substance cimentante, cellulosique aussi, mais chimiquement et physiquement différente de la cellulose des granules, soudera et réunira ces derniers, transformant la file en une poutrelle. La cellulose ainsi formée n'est jamais pure, mais toujours imprégnée de substances plasmatiques, tanniques ou pectiques. Si Buscalioni a observé d'une façon très nette la disposition des « microsomes », il n'a pu observer qu'une fois la disposition fondamentalement granulaire des poutrelles. Des grains analogues se forment par métamorphose de « microsomes » au contact de la membrane limitante du suçoir, et en se fusionnant à elle, l'augmentent en dimension par apposition.

Tischler [**8**, **9**] a repris l'étude de ces phénomènes dans le tégument de la graine de *Corydalis cava*, et dans le suçoir micropylaire de l'albumen des *Pedicularis.* Dans ce dernier cas [**8**], il montre que dans le cytoplasme vacuolisé, l'emplacement ultérieur des poutrelles est tout d'abord occupé par des filaments de cytoplasme très granuleux ; certains granules deviennent très réfringents en se transformant en grains de cellulose. Secondairement, ces grains se fusionnent pour former une poutrelle. Tischler a nettement figuré dans son Mémoire la structure primitivement granulaire des poutrelles [Voir **8**, fig. 5 et 6], et jusqu'ici ses résultats corroborent ceux de Buscalioni. Mais, par contre, il rejette l'existence de la substance cimentante admise par Buscalioni, en montrant que les granules se fusionnent simplement entre eux, la file ainsi formée régularisant sa forme par apposition de couches nouvelles de cellulose. Il a établi enfin que la cellulose ainsi formée n'était jamais pure, mais toujours fortement imprégnée de composés pectiques dont la teneur augmente avec l'âge.

Schmid [**6**] a décrit la transformation du protoplasma en cellulose dans les suçoirs de l'albumen de plusieurs Scrofulariacées appartenant aux genres *Pedicularis, Veronica, Bartsia* et *Digitalis.* Tout en

n'ayant pas fait une étude détaillée du phénomène, il accepte la théorie granulaire de Buscalioni et de Tischler.

Si la transformation directe de granules d'origine cytoplasmique en granules cellulosiques paraît ainsi hors de doute, on peut se demander toutefois quelle est la signification biologique de ce phénomène. Pour Tischler [**10**] il s'agit ici d'un simple phénomène de sécrétion. Le cytoplasme, en effet, élément quaternaire ne doit céder, pour édifier de la cellulose, fût-elle, comme c'est le cas, imprégnée de pectose, que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. C'est donc une véritable sécrétion et dans le cas particulier de dépôt intracytoplasmique, Tischler donne, à ce phénomène, le nom d'émission « Abspaltung ».

Actuellement nos connaissances sur l'élaboration des substances intracytoplasmiques ont été profondément modifiées par l'étude du chondriome et de son rôle. J'ai cherché dans ce sens, à appliquer ces données à la sécrétion intracytoplasmique de cellulose et ce sont les résultats que m'a fourni l'étude du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* Poir. qui sont l'objet de ce Mémoire. Il est bon de noter que l'existence de cellulose intracytoplasmique était déjà connue dans les suçoirs analogues de *V. hederæfolia*, *V. triphyllos* et *V. chamædrys*.

Technique.

L'étude cytologique du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica*, a été faite simultanément par les deux méthodes mitochondriales suivantes.

Méthode de Forenbacher. — Les ovaires ou les ovules isolés ont été fixés pendant 6 jours dans le mélange chromo-osmique fort de Flemming, dépourvu d'acide acétique. La coloration a été obtenue au moyen de l'hématoxyline ferrique de M. Heidenhain.

Méthode IV de Regaud. — Le matériel a été fixé pendant 4 jours au formol-bichromate et pendant 8 jours au bichromate de K à 3 pour 100. La coloration a été la même que précédemment, mais le mordançage à l'alun de fer a été fait à 35°. L'épaisseur des coupes était de 5 à 7 μ.

Ces deux méthodes donnent, au point de vue mitochondrial, des résultats concordants. Cependant le formol-bichromate contracte

beaucoup le cytoplasme et rend par conséquent difficile l'étude des rapports de celui-ci avec la cellulose secrétée. Cet inconvénient est au contraire très atténué par la fixation chromo-osmique.

Dans les coupes traitées par la méthode de Forenbacher la cellulose prend une teinte jaune très caractéristique. Cette teinte est peu nette dans le matériel fixé au formol-bichromate. Pour bien mettre en évidence les granulations cellulosiques, j'ai cherché à colorer celles-ci dans les coupes ayant déjà subi la coloration mitochondriale. Après l'essai de plusieurs colorants, je me suis arrêté au rouge de ruthénium. Par ce réactif la cellulose, qui est comme Tischler [8] l'a montré dans les *Pedicularis* toujours fortement imprégnée de composés pectiques, prend une teinte rose, qui tranche nettement sur les éléments noirs ou gris du cytoplasme.

Toutes les observations ont été faites avec l'objectif apochromatique 1, 5 et les oculaires compensateurs 8 et 12, de Zeiss.

Développement du suçoir.

L'origine du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* est tout à fait comparable aux faits bien décrits par Buscalioni [1]

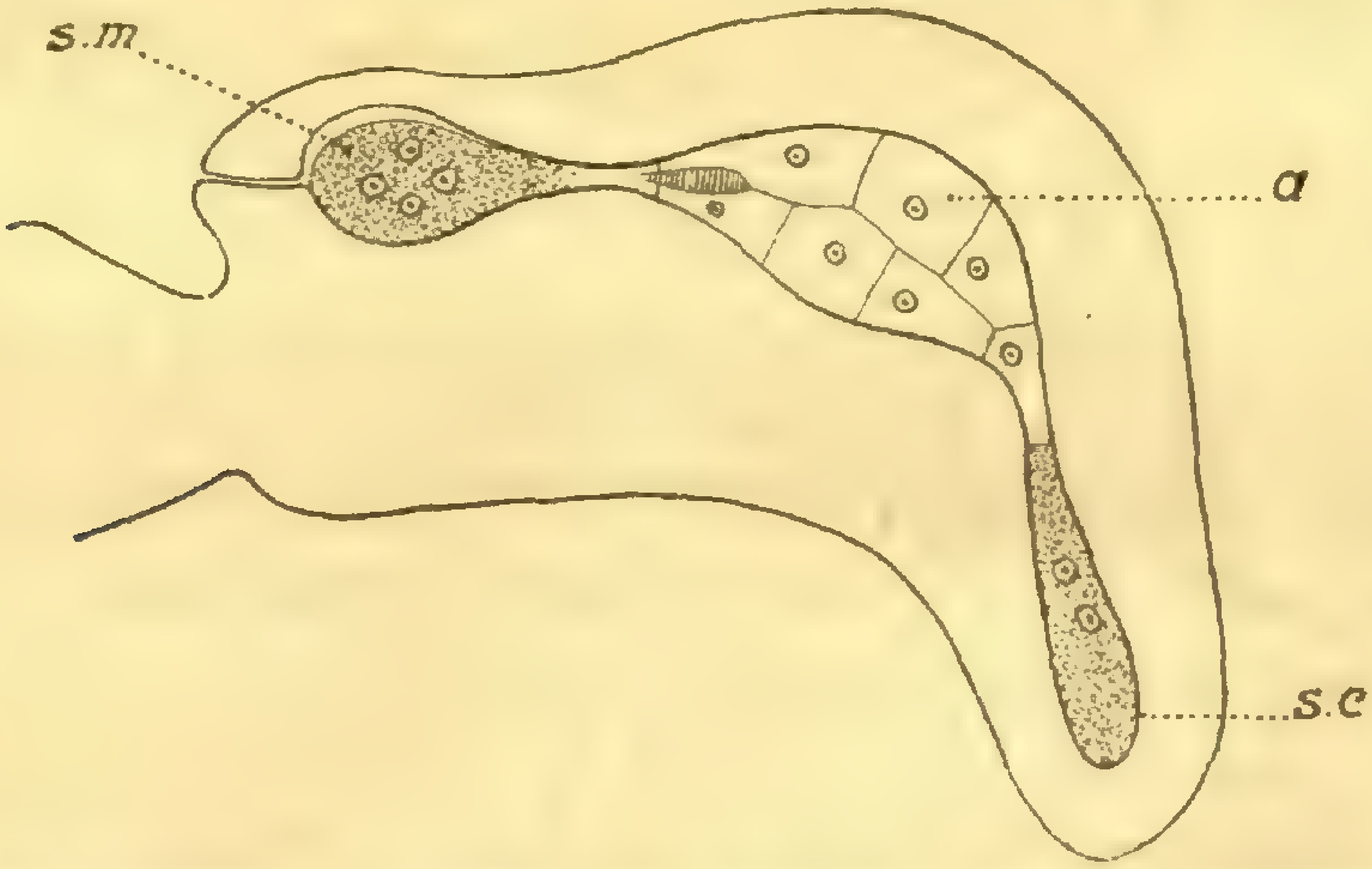


Fig. 1. Coupe schématique dans un ovule en voie de transformation en graine. *s. m.* suçoir micropylaire ; *a.* albumen ; *s. c.* suçoir chalazien. gr.: 160.

sur *V. hederæfolia* et par Schmid [6] sur cette même espèce et sur *V. chamædrys*. Les premières cinèses du noyau secondaire fécondé déterminent la formation d'une file de 3 cellules. La cellule moyenne est la cellule-mère proprement dite de l'albumen, tandis que les deux autres représentent respectivement l'ébauche du suçoir micropy-

laire et du suçoir chalazien. Par divisions successives du noyau, la cellule-mère du suçoir micropylaire se transforme en une énergide 4-nucléée, rarement 6-nucléée. Elle se localise tout d'abord dans la chambre micropylaire du sac embryonnaire (fig. 1). Bientôt elle s'accroît considérablement et devient une cellule géante, qui, se comportant comme un véritable parasite, détruit les tissus de la base du funicule en émettant des digitations qui embrassent la base du faisceau libéroligneux funiculaire. Dans les digitations dont l'évolution est achevée, la membrane limitante s'épaissit et l'intérieur se garnit de poutrelles de cellulose enchevêtrées (fig. 2). C'est l'indice très net de la dégénérescence. En même temps, les noyaux du suçoir subissent une évolution que j'ai résumée dans une note antérieure (P. Dop [3]) et dont l'étude détaillée fera l'objet d'un prochain Mémoire.

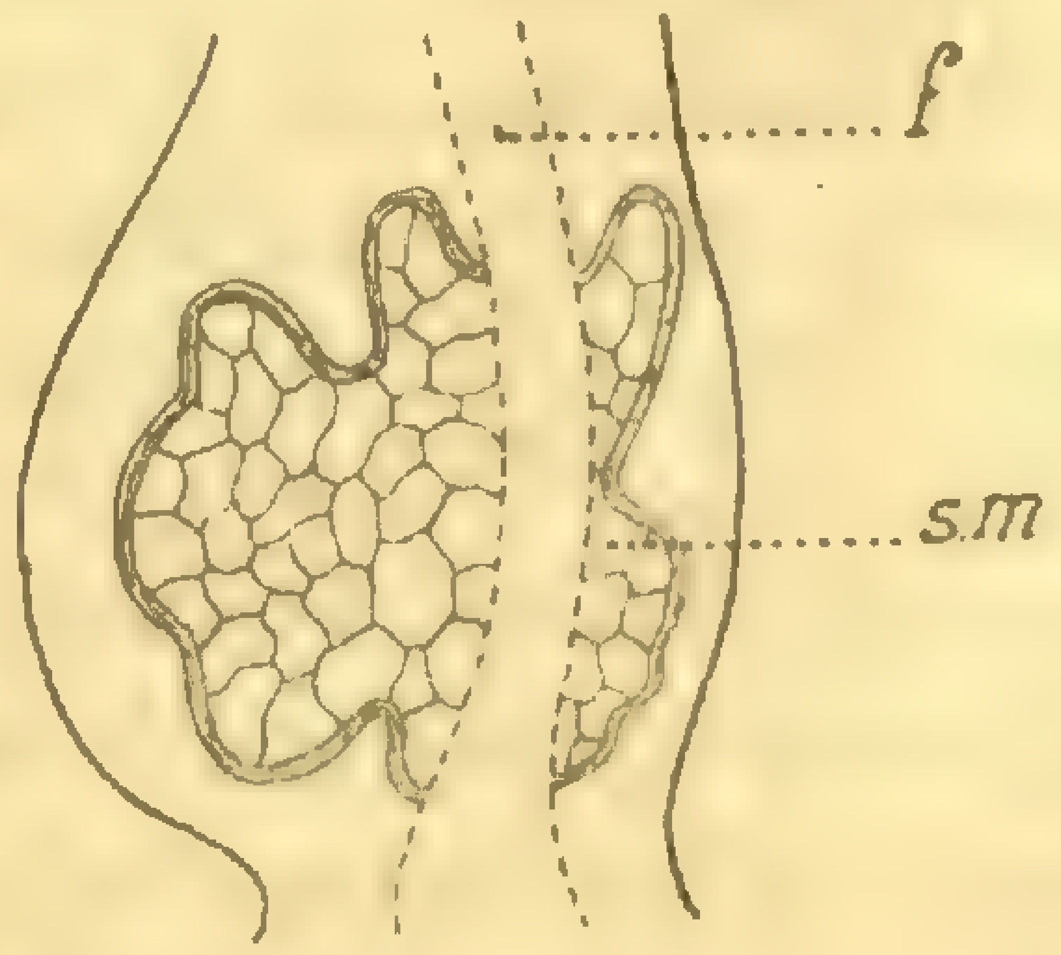


Fig. 2. — Coupe schématique dans le funicule de la graine. *f.* faisceau libéroligneux ; *s. m.* suçoir micropylaire dont la cavité est garnie d'un réseau de poutrelles cellulosiques. gr. : 100.

Différenciations cytoplasmiques.

Quand la cellule haustorielle est encore localisée dans la chambre micropylaire, son cytoplasme non vacuolisé présente les différenciations suivantes :

Mitochondries. — Ces éléments définis non seulement par leur coloration, mais aussi par leurs caractères morphologiques, paraissent peu abondants quel que soit le mode de fixation employé. On peut leur rapporter des grains de petite taille isolés ou irrégulièrement groupés et paraissant localisés au voisinage des noyaux (Pl. 7, fig. 1). Les chondriocontes paraissent aussi très rares. En tout cas, à ce stade du développement, l'appareil mitochondrial est peu net. Peut-être constitue-t-il un chondriome rudimentaire périnucléaire peu visible.

Vésicules. — Le cytoplasme présente, par contre, un grand développement de vésicules à contour arrondi quelquefois irrégulièrement (Pl. 7, fig. 1). Ces vésicules sont tellement nombreuses

qu'elles peuvent servir à caractériser ce stade du développement du suçoir. Elles paraissent tout à fait comparables à celles qu'Orman [5] a décrites dans les premiers stades de l'évolution de la cellule-mère du sac embryonnaire des Liliacées.

Corps deutoplasmiques. — Dans les préparations fixées au formol-bichromate apparaissent des masses grises, de formes extrêmement variées : sphères pleines ou vacuolisées, filaments plus ou moins contournés, lamelles irrégulières (Pl. 7, fig. 1). Ces corps, fortement contractés et déformés par le réactif, peuvent se rapporter aux formations deutoplasmiques. Sur le matériel traité, au contraire, par le réactif chromo-osmique, ces corps se présentent sous la forme de boules colorées d'une teinte jaunâtre uniforme (Pl.7, fig. 2). A côté d'eux existent des produits de leur désorganisation, dont l'aspect rappelle tout à fait les « corps spiraloïdes » décrits par Orman (1).

En somme, on peut caractériser cette première phase du développement du suçoir micropylaire par l'absence d'un chondriome net et par la présence de vésicules très nombreuses et de corps deutoplasmiques. Il est très intéressant de noter que dans l'évolution du sac embryonnaire des Liliacées, Orman est arrivé à des conclusions analogues. Les vésicules et les corps deutoplasmiques sont des différenciations essentiellement transitoires, que l'on ne retrouve plus dans le cytoplasme du suçoir dont l'évolution est achevée. Il me paraît possible d'admettre que ces différenciations sont en rapport avec l'activité digestive du suçoir. Les vésicules joueraient un rôle dans l'élaboration des diastases digestives et les corps deutoplasmiques représenteraient un des stades de l'assimilation des éléments cellulaires du funicule digérés par le suçoir.

Si l'on étudie maintenant le cytoplasme d'un suçoir plus âgé, par exemple dans une des digitations qu'il forme autour du faisceau conducteur funiculaire, on observe une structure tout à fait différente (Pl. 7, fig. 3). Le cytoplasme est nettement vacuolisé et tandis que les vésicules, les corps deutoplasmiques, les corps spiraloïdes ont totalement disparu, un chondriome uniquement formé de *granulations mitochondriales* parfaitement caractérisées, s'est largement développé.

(1) On peut constater à l'examen de la figure 1 de la Planche 7 une certaine analogie entre les formations figurées et les structures *ergastoplasmiques* décrites par plusieurs auteurs. Il n'y a pas lieu de discuter ici la nature de ces formations, d'autant plus qu'Orman [5], semble avoir bien établi que l'*ergastoplasme* provenait de l'altération des corps deutoplasmiques.

Ces grains mitochondriaux qui se colorent fortement par l'hématoxyline ferrique ont une dimension variable; les plus gros, qui peuvent atteindre 1 à 2 μ, peuvent être considérés comme des plastes. La disposition de ces éléments est assez caractéristique, en ce sens qu'ils s'alignent fréquemment comme des chaînettes pour former des *chondriomites*. Ces chondriomites sont particulièrement abondants dans les travées cytoplasmiques épaisses qui limitent les vacuoles en voie de formation. Les *chondriocontes* m'ont paru faire constamment défaut.

En somme, dans une région du suçoir dont l'évolution en dimension est terminée, les formations cytoplasmiques sont uniquement représentées par un véritable chondriome, formé lui-même soit de mitochondries isolées, soit de chondriomites. Certaines de ces granulations, plus grosses que les autres, sont comme je le montrerai par la suite analogues à des plastes. Ici encore, l'analogie que j'ai signalée plus haut avec le sac embryonnaire des Liliacées se poursuit. Orman [5] a en effet établi que le chondriome n'y apparaissait nettement que dans les stades âgés et se développait d'une façon progressive, tandis que les vésicules et les corps deutoplasmiques disparaissaient.

Il m'a été impossible de déterminer d'une façon précise l'origine des granulations mitochondriales. Peut-être proviennent-elles du chondriome peu net et peu différencié dont j'ai supposé l'existence dans la phase embryonnaire du suçoir. En tout cas il m'a été impossible de reconnaître l'origine certaine de ces mitochondries par bipartition, de telle sorte que je me range entièrement à l'opinion émise par Orman [5], que « l'axiome, *omne chondriosoma e chondriosomate,* ne représente qu'une hypothèse. ».

Formation de la cellulose.

Dans les parties âgées du suçoir, le rouge de ruthénium met en évidence, d'une façon très nette, l'existence de granules de cellulose fortement imprégnés de substances pectiques (Pl. 7, fig. 4). Ces granulations sont de taille très variable. Certaines sont localisées contre la membrane limitante du suçoir, d'autres forment des files assez régulières à l'intérieur même de cet organe. En même temps, on constate que les granulations mitochondriales ont en grande

partie disparu, et que l'hématoxyline ferrique ne colore plus que des particules très ténues qui, comme je le montrerai, représentent les débris du chondriome. Si l'on suit l'évolution des grains cellulosiques on observe des faits exactement comparables à ceux qui ont été décrits par Tischler [8] dans les *Pedicularis*. Les grains cellulosiques voisins de la membrane limitante se fusionnent avec elle, et les grains disposés en file dans l'intérieur du suçoir se fusionnent entre eux pour former une poutrelle. La forme de cette poutrelle se régularise rapidement et dans une poutrelle âgée il est à peu près impossible de reconnaître son origine primitivement granulaire. Les poutrelles très nombreuses, ne tardent pas à former un réseau complexe, puis le protoplasma achève de dégénérer et disparaît entièrement.

J'ai pu établir, d'une façon certaine, que les granulations cellulosiques étaient formées aux dépens des grains du chondriome. Certains grains, soit isolés et alors situés au voisinage de la membrane limitante, soit groupés en chondriomites et alors placés dans les travées cytoplasmiques séparant des vacuoles, grossissent et se transforment en plastes. Il n'y a pas lieu, à mon sens, de distinguer essentiellement les plastes et les mitochondries, qui ne différant que par leur taille, ont exactement les mêmes réactions. Comme le dit si bien Orman [5] « rien ne démontre que les mitochondries végétales ne méritent pas, dès leur stade le plus précoce, le nom de plastes ».

La formation d'un grain cellulosique aux dépens d'un plaste se fait de la façon suivante (Pl. 7, fig. 5) : Le plaste d'abord homogène, présente bientôt en lui une zone plus claire, tantôt centrale, tantôt excentrique. Cette zone claire n'est autre chose que de la cellulose imprégnée de pectose, peut-être même de la pectose pure, qu'il est possible de colorer électivement par le rouge de ruthénium. L'hydrate de carbone sécrété s'accroît, et sur le matériel fixé au liquide chromo-osmique il est facile de voir autour de la granulation cellulosique le plaste en forme d'anneau ou de croissant. Ce processus rappelle très exactement la formation des grains d'amidon aux dépens des leucoplastes, telle que Guilliermond [4] l'a décrite dans ses belles recherches. En particulier, les aspects que j'ai observés dans mes préparations sont comparables à ceux que cet auteur a figurés dans la planche 16, figures 1 à 11, de son Mémoire. Il est bon de noter que dans le suçoir micropylaire de l'albumen de *Vero-*

nica persica, les plastes formateurs de cellulose proviennent toujours de grains mitochondriaux, les chondriocontes faisant constamment défaut.

Pendant que les grains cellulosiques s'accroissent, les plastes restent constamment fixés à eux et déterminent même probablement leur accroissement. Lorsque les grains se fusionnent pour former une poutrelle, on observe tout autour de celle-ci, des masses noires irrégulières qui représentent, à mon sens, des plastes fragmentés (Pl. 7, fig. 6). Si, comme l'admet Tischler, les poutrelles s'accroissent et régularisent leur forme par apposition, c'est dans ces plastes fragmentés qu'il faudrait chercher l'origine des couches cellulosiques apposées.

On voit par ce qui précède que les granulations protoplasmiques de Tischler, les microsomes de Buscalioni ne sont autre chose que des plastes formateurs de cellulose, d'origine mitochondriale. A cet égard, la lecture des travaux de Buscalioni est particulièrement instructive. Ayant observé, dans la formation de cellulose, dans les cellules du tégument des graines de *Verbascum*, des granulations très nettes (Voir Buscalioni [**2**] Part. III, Pl. 2, fig. 16, 17, 18), cet auteur se demande si ces granulations ne correspondent pas aux « Physodes » de Crato et aux « granules » d'Altmann. Or, on sait que les granules d'Altmann en particulier sont des mitochondries. Buscalioni, dès 1893, avec une technique peu perfectionnée, avait donc pressenti l'importance des différenciations cytoplasmiques dans la genèse de la cellulose.

En résumé, j'ai établi dans ce travail les points suivants :

1° Dans son stade embryonnaire, le suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* présente dans son cytoplasme non vacuolisé, des différenciations qui sont surtout des vésicules et des corps deutoplasmiques en relation avec son activité digestive. A ce stade, le chondriome n'est pas nettement différencié.

2° A l'état adulte le cytoplasme se vacuolise et en même temps que les différenciations précédentes disparaissent, un chondriome très net, dont l'origine n'a pu être reconnue avec certitude, apparaît. Ce chondriome est uniquement formé de granulations, mitochondries proprement dites et chondriomites.

3° Certaines de ces granulations grossissent et se transforment

en plastes dans l'intérieur desquels s'élaborent des grains de cellulose, fortement imprégnée de pectose. Ces granulations s'accroissent au contact de ces plastes, comme les grains d'amidon au contact des leucoplastes.

4° Ces granulations se fusionnent soit avec la membrane limitante du suçoir, soit entre elles pour former des files qui se transforment ultérieurement en poutrelles. Pendant cette évolution, les plastes paraissent persister surtout à l'état de fragments autour des poutrelles, dont ils assurent la croissance par apposition.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

[1] Buscalioni. — Sulla struttura et sullo sviluppo del seme della « *Veronica hederæfolia* L. ». *Memorie della Reale Academia della Scienze di Torino.* Série II, T. xliii ; 1893.

[2] — Contribuzione allo studio della membrana cellulare. — *Malpighia*, Vol. vi, vii, viii ; 1892-93-94.

[3] P. Dop. — Sur la cytologie des suçoirs micropylaires de l'albumen de *Veronica persica.* — *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, T. 156, 23 juin 1913.

[4] Guilliermond. — Recherches sur le mode de formation de l'amidon et sur les plastes des végétaux (leuco-, chloro- et chromoplastes). — Contribution à l'étude des mitochondries chez les végétaux. — *Archives d'Anatomie microscopique*, T. xiv. f. iii ; 1912.

[5] Orman. — Recherches sur les différenciations cytoplasmiques (ergastoplasme et chondriosomes) dans les végétaux. I. Le sac embryonnaire des Liliacées. — *La Cellule*, T. xxviii, f. ii ; 1913.

[6] Schmid. — Beitrage zur Entwicklungsgeschichte der Scrofulariaceæ. — *Inaug. Dissert.*, Zurich ; 1906.

[7] Strasburger. — Die pflanzlichen Zellhäute. — *Jahrbücher für wiss. Botanik*, Bd. 31 ; 1898.

[8] Tischler. — Ueber die Verwandlung der Plasmastränge in Cellulose im Embryosack bei *Pedicularis.* — *Berichte der Königsb. « Physik. Oekonom. Gesellschaft »* ; 1899.

[9] — Untersuchungen über die Entwicklung des Endosperms und der Samenschale von *Corydalis cava.* — *Verhandl, des mat.-med. Vereins. Heidelberg ;* N. F. Bd. vi ; 1900.

[10] — Die Bildung der Cellulose. Eine theoretische Studie. — *Biologisches Centralblatt,* Bd. xxi ; 1901.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 7

Fig. 1. — Région du suçoir micropylaire située au contact de la membrane limitante, au stade embryonnaire. — Fixation au formol-bichromate : coloration à l'hématoxyline ferrique. — Par cette technique les nucléoles sont la seule partie colorée des noyaux ; l'un d'eux est fragmenté et déplacé par le rasoir. — Dans le cytoplasme on voit des vésicules très nombreuses et des formations d'aspect ergastoplasmique, sphères, lamelles, filaments contournés provenant probablement de l'altération des corps deutoplasmiques. — Le chondriome est très peu différencié. — Obj. 1, 5 ; Oc. 8.

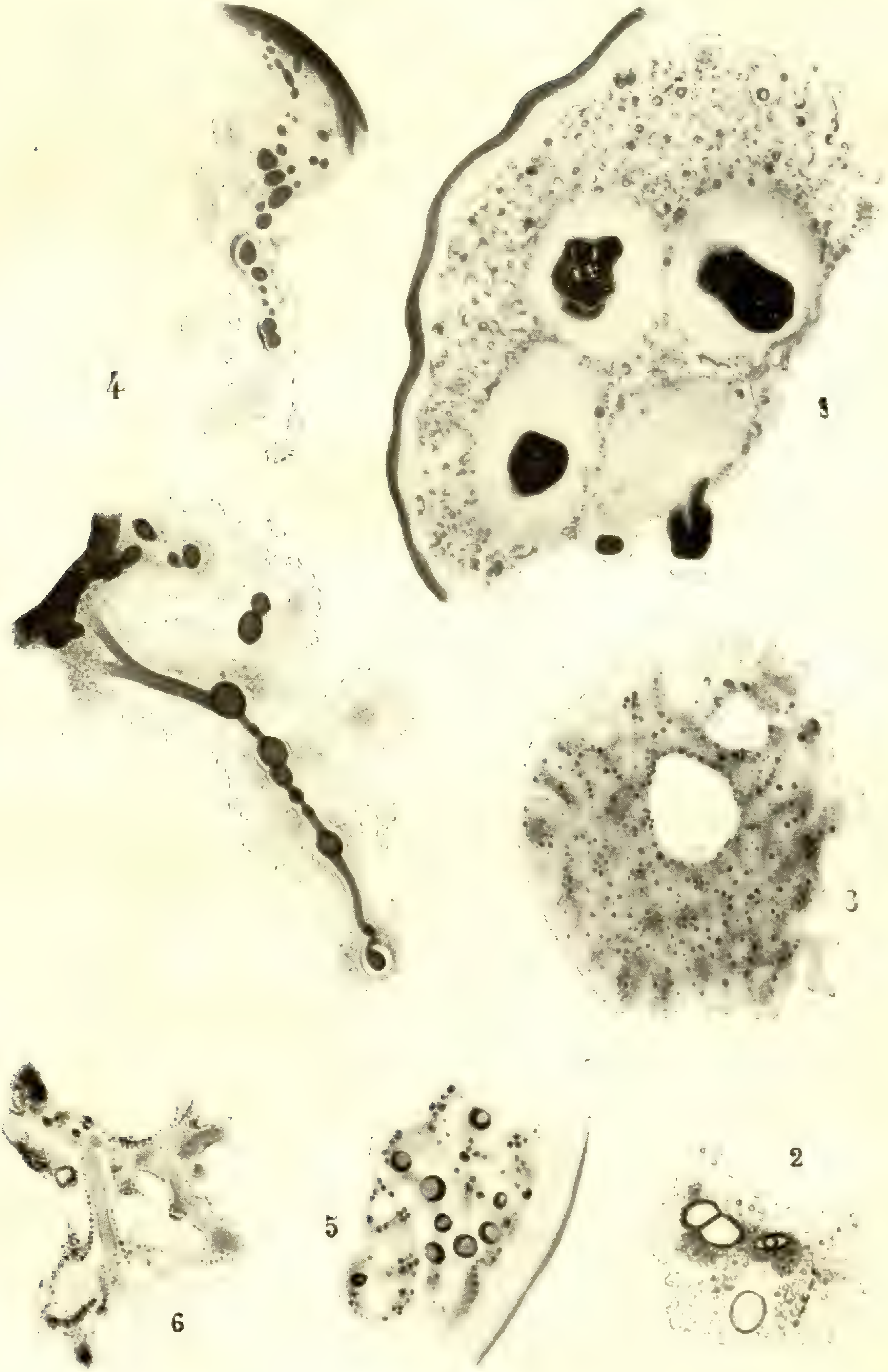
Fig. 2. — Fragment du suçoir au même stade. — Fixation au mélange chromo-osmique ; coloration à l'hématoxyline ferrique. — La préparation montre des vésicules et des corps deutoplasmiques soit à l'état de boules, soit à l'état de produits de désagrégation (corps spiraloïdes). Obj. 1, 5 ; Oc. 8.

Fig. 3. — Partie du suçoir plus âgé. — Fixation au formol-bichromate ; coloration à l'hématoxyline ferrique. — Le cytoplasme commence à se vacuoliser ; les différenciations précédentes ont disparu, il existe un chondriome très net formé de granulations proprement dites et de chondriomites. Quelques granulations plus grosses constituent des plastes. — Obj. 1, 5 ; Oc. 8.

Fig. 4. — Stade plus avancé dans l'évolution du suçoir. — Fixation au formol-bichromate ; coloration à l'hématoxyline ferrique fortement régressée et au rouge de ruthénium. — La préparation montre les granules de cellulose isolés dans la partie supérieure de la figure, soudés en poutrelle dans la partie inférieure ; le cytoplasme, fortement contracté, montre peu nettement les restes du chondriome. — Obj. 1, 5 ; Oc. 8.

Fig. 5. — Stade intermédiaire à ceux figurés en 3 et 4. — Fixation au mélange chromo-osmique ; coloration à l'hématoxyline ferrique et au rouge de ruthénium. — La préparation montre des mitochondries et divers stades de la sécrétion des granules de cellulose à l'intérieur des plastes. — Obj. 1, 5 ; Oc. 12.

Fig. 6. — Fragment du réseau cellulosique, dans un suçoir ayant achevé son évolution. — Fixation au liquide chromo-osmique ; coloration à l'hématoxyline ferrique. — Autour des poutrelles de cellulose anastomosées on voit les plastes fragmentés et des mitochondries. — Obj. 1, 5 ; Oc. 8.



D. Biscons ad. nat. del. Bertin et Cie, sc.

Différenciations cytoplasmiques et formation de cellulose.
(Suçoir micropylaire de Veronica persica).

LE SPOROGONE DES CÉPHALOZIELLACÉES

par M. Ch. DOUIN

Le sporogone (pl. 8, fig. 1) de la famille des Céphaloziellacées présente des caractères tellement spéciaux parmi les Hépatiques que cette nouvelle famille sera une des mieux caractérisées de tout le règne végétal.

Je vais examiner successivement les 3 parties de ce sporogone (fig. 1).

I

Racine.

En forme de coupe plus ou moins globuleuse *r*, elle montre à sa base *4 grosses cellules disposées en forme de tétraèdre renversé* (fig. 3); et la cellule basilaire est ordinairement plus grosse que les 3 autres.

II

Pédicelle.

Il est formé par *quatre files de cellules dans toute sa longueur* (fig. 1 *p*, et 2), laissant entre elles, à maturité, un long méat intercellulaire (fig. 3 et 4). Ce caractère des 4 files de cellules est un caractère de premier ordre, à la fois par sa très grande constance et parce qu'il appartient à la fructification : sur les 4 ou 500 pédicelles que j'ai examinés, je n'en ai trouvé que 5 d'anormaux.

Le pédicelle montre un héliotropisme remarquable. Il se recourbe toujours de façon à présenter la capsule perpendiculairement à la lumière.

Hyalin et très délicat, il est également très sensible à la séche-

resse : ses 4 files de cellules apparaissent alors sous la forme de 4 cordons très nets, plus ou moins tortillés ; et la sécheresse continuant, les 4 cordons finissent par s'isoler complètement l'un de l'autre par places. La torsion a lieu, tantôt à droite *(C. Hampeana)*, tantôt à gauche *(C. Starkii)*, tantôt successivement dans les deux sens comme chez les Mousses ; mais je ne garantis pas la constance de cette torsion.

III

Capsule.

D'abord plus ou moins sphérique à l'état jeune, la capsule devient *toujours* nettement elliptique à l'état adulte (fig. 1). Mûre, elle est de couleur noire et montre *de grosses cellules saillantes à sa base externe* ; ces cellules, très constantes, tranchent par leur couleur rouge-jaunâtre sur le fond noir du reste de la capsule, couleur due à la masse très dense des spores et des élatères. Des coupes longitudinales (fig. 4) et transversales (fig. 22) de la capsule montrent que la paroi de cette dernière est formée partout de 2 couches de cellules.

a. Le fond de la capsule

Une coupe longitudinale passant par l'axe du pédicelle, comme la fig. 4, montre que les 2 couches valvaires s'appuient sur *huit grandes cellules hyalines, 4 inférieures c plus grandes que les 4 supérieures a qui leur sont exactement superposées*. La couche interne *b* des valves s'appuie par son extrémité sur les 4 cellules hyalines supérieures *a*, avec lesquelles elle est en continuité, et par sa base inférieure sur les 4 cellules hyalines inférieures ; la couche externe *d* de la capsule s'appuie, par son extrémité seulement, sur les 4 grandes cellules hyalines inférieures *c*.

Au microscope, l'aspect de la capsule avec ses valves étalées en croix montre : 1° *des couronnes diversement colorées ;* et 2° *des cercles concentriques* situés dans des plans différents.

Les faces supérieure et inférieure des 8 grandes cellules hyalines sont seules hyalines ; leurs parois radiales sont imprégnées de la substance rougeâtre propre aux ornements valvaires, substance qui leur donne assez de rigidité pour les rendre presque indéformables par la sécheresse. Les 8 cellules du fond de la capsule se distinguent

des cellules voisines du pédicelle en ce qu'elles ne possèdent, à leur point de jonction, aucun espace intercellulaire; d'ailleurs, les 4 cellules inférieures dépassent toujours un peu celles du pédicelle auxquelles elles sont *exactement superposées*.

Les fig. perspective et schématiques 5, 6 et 7 permettront de comprendre ce qui va suivre.

Examinée d'en haut, avec ses 4 valves étalées, la capsule montre 5 cercles concentriques (fig. 7) passant respectivement par *m*, *n*, *x*, *y*, et *z* (fig. 5 et 6); mais, comme les épaisseurs *m n* et *x y* sont très minces, si l'on fixe le plan passant par *n x*, les 2 cercles passant par ces deux points ne changeront pas de place; le cercle passant par *m* se projettera en *m'*; le cercle passant par *z* se verra par *z'*; et celui passant par *y* en *y'*. Il peut arriver que 2 cercles n'en forment qu'un seul quand leurs 2 surfaces projetantes se confondent dans la même surface visuelle; et le nombre des cercles pourra passer de 5 à 4 et même à 3. Très souvent aussi, comme les cellules du pédicelle sont transparentes, on aperçoit une partie du cercle passant par *r*, lequel cercle se projette en *r'*. Vue par dessous, la capsule présente à peu près le même aspect; mais l'ordre des cercles *r' n m' z' y'* et *x* (fig. 7) n'est plus le même.

L'examen de la capsule ouverte montre, avons-nous dit, différentes zones concentriques formant un dessin très élégant; 1° au centre (fig. 8, *a*) un cercle hyalin formé par les 4 cellules hyalines supérieures du fond de la capsule, au travers desquelles on voit les cercles concentriques indiqués ci-dessus et le bout de la couche supérieure des valves (fig. 10, *m*); 2° une couronne jaune-rougeâtre *b*, formée par les 4 grandes cellules hyalines inférieures avec la base de la couche supérieure des valves appliquée dessus; 3° une seconde couronne encore assez claire et interrompue *c* correspondant aux grandes cellules basilaires externes où les ornements sont relativement moins nombreux; et 4° au delà, en *d e*, le reste des 4 valves d'une teinte plus sombre.

b. Grosses cellules basilaires externes

Une coupe à section conique, faite à la base des valves, perpendiculairement à la partie moyenne des grosses cellules basilaires externes, donnerait la fig. 9. Ces cellules sont généralement au nombre de 5 : trois grosses *a*, *b*, *c*, ayant des parois radiales plus ou

moins épaissies et fortement colorées, et 2 autres plus petites *e*, *f*, dépourvues de coloration dans leurs parois radiales en contact avec les cellules semblables des valves voisines. C'est suivant ces parois sans coloration que se fera la déhiscence valvaire.

Parfois ces grosses cellules basilaires sont divisées par une cloison très mince à ornements nuls ou très réduits (fig. 11, *a*, *b*, et fig. 12, *m*, *n*) ; sur les parois radiales de ces cellules se voient les papilles et arcs incomplets dont je parlerai tout à l'heure. Çà et là, on trouve 2 rangées de ces grosses cellules hyalines basilaires ; parfois aussi, ces cellules sont de longueur très inégales.

La fig. 9 montre que si l'on regarde la capsule dans le sens de la flèche *m*, les cellules *a'*, *b'*, *c'*, étant superposées dans le rayon visuel aux cellules *a*, *b*, *c*, paraîtront à peine saillantes, et l'ensemble sera presque aussi opaque que le reste de la capsule. Cette vue correspond à celle du pédicelle dans la fig. 1. Si, au contraire, on regarde la capsule dans le sens de la flèche *n*, les cellules *a*, *b*, *c*, apparaîtront *très nettement saillantes* et plus claires que le reste de la capsule. Cette vue correspond à celle du pédicelle dans la fig. 2.

c. Les valves et leurs ornements

Les cellules des valves ont leurs parois radiales imprégnées d'une substance rouge spéciale ; leurs faces supérieure et inférieure en sont dépourvues, sauf en face de certains ornements.

Ces ornements ont reçu divers noms : *arcs lignifiés* (il n'y a pas de lignine) ; *arcs élastiques* (ils ne le sont guère) : *halbfaser* des Allemands (ce ne sont pas toujours, et souvent même assez rarement, des demi-arcs). Par suite, toutes ces expressions sont inexactes : c'est pourquoi j'ai adopté le terme général d'*ornements ;* ce sont en réalité des *organes de soutien* des valves et on pourrait, peut-être, leur donner ce nom.

Il y en a de plusieurs sortes :

1° des *arcs transverses*, plus ou moins en demi-ellipse, qui relient les parois radiales et longitudinales des cellules ; ces arcs, très rares dans la plupart des espèces, sont ordinairement très nombreux chez le *Prionolobus Turneri* (Hooker) et le *Cephaloziella exiliflora* (Tayl.) (fig. 11, *m*) ;

2° *des arcs transverses incomplets,* nuls ou à peine distincts dans leur partie moyenne ; ces ornements, abondants dans la plupart

des espèces (fig. 11, *n* et fig. 12), sont plus nombreux dans la couche interne;

3° *des arcs doubles*, formant un cercle complet; ces arcs excessivement rares, peuvent se rencontrer çà et là chez toutes les espèces;

et 4° des *papilles latérales* accolées aux parois radiales et longitudinales des cellules (fig. 11, *c*); ces papilles sont très abondantes dans presque toutes les espèces. Il peut même y avoir plusieurs papilles superposées; et alors, elles forment de véritables piliers latéraux. Ces papilles peuvent exister n'importe où sur les parois, mais elles sont toujours plus abondantes près de la paroi interne de la couche supérieure et près de la paroi externe de la couche inférieure. Dans la fig. 23, on voit ces papilles loin de la surface des valves; on y voit aussi que plusieurs ornements peuvent se trouver superposés.

La couche supérieure des valves est formée de cellules étroites, allongées dans le sens de la longueur de chaque valve, sauf au sommet où elles sont disposées en tous sens et pas plus longues que larges. Ces cellules montrent presque toujours, mais en nombre variable, les différentes sortes d'ornements indiqués ci-dessus; et les arcs, quand ils existent, ont leur convexité tournée *vers l'intérieur de la capsule*. Assez souvent, les arcs et les papilles s'excluent dans une même cellule; mais, par une sorte de balancement organique, si les papilles s'étendent moins loin que les arcs vers l'intérieur de la cellule, elles sont plus épaisses. Cependant, on peut trouver des cellules renfermant les 3 sortes d'ornements (fig. 11, *n* et fig. 24).

La couche externe des valves présente à peu près la même constitution cellulaire et ornementaire que la couche interne, à part les différences suivantes : les cellules sont *beaucoup plus larges*, et par suite moins nombreuses (fig. 22); les arcs complets ou non, quand ils existent, ont leur convexité tournée *vers l'extérieur*; enfin, à la base, se trouvent les grosses cellules basilaires externes dont il a été question précédemment.

Quoi qu'il en soit, tous ces ornements n'ont *aucune constance* et, par suite, ne peuvent servir de caractères spécifiques.

d. Mécanisme de la déhiscence

Leclerc du Sablon (1) a expliqué le mécanisme de la déhiscence chez quelques Hépatiques. Je vais reprendre cette explication avec les modifications spéciales qu'elles comporte dans les Céphaloziellacées. Je montrerai successivement ce qui se passe dans la partie moyenne et aux 2 extrémités de chaque valve :

1° *Partie moyenne.* — Les cellules de la partie moyenne des valves (fig. 8, *d)* sont beaucoup plus longues que larges. Dans la couche interne, les arcs transverses s'opposent fortement au rétrécissement, tout en se pliant légèrement ; s'ils sont absents, les papilles ou les arcs incomplets placés les uns en face des autres, jouent le même rôle. Comme les cellules sont étroites, le rétrécissement s'arrête de bonne heure, car les papilles arrivent vite à se toucher. Dans la couche externe, on observe le même phénomène ; mais là, les cellules étant plus larges sans que les papilles soient plus grosses, le rétrécissement est beaucoup plus grand. Et même, s'il y a quelques arcs transverses, comme ils sont plus larges que ceux de la couche interne, ils se plient davantage et le résultat obtenu est le même qu'avec les papilles. Par suite de ce rétrécissement externe plus fort que l'interne, la partie moyenne des valves de convexe deviendra concave.

2° *Au sommet des valves.* — Les cellules internes sont plus petites que les externes et le rétrécissement est également plus accentué à l'extérieur qu'à l'intérieur; mais, comme toutes les cellules sont à peu près aussi longues que larges, le rétrécissement a lieu dans tous les sens, ce qui fait que les extrémités des valves se séparent, sinon brusquement, du moins assez vite ; et l'extrémité de chaque valve se retourne complètement comme l'extrémité d'un bateau qu'on renverserait.

3° *Base des valves.* — Là, les grosses cellules basilaires externes jouent un rôle tout à fait spécial. Elles sont beaucoup plus grosses que les autres ; par suite leur rétrécissement forcément plus accusé produira le même résultat que les cellules du sommet. Alors la valve se trouve complètement retournée : elle était, dans la capsule

(1) Leclerc du Sablon. Recherches sur le développement du sporogone des Hépatiques.

fermée, en forme de bateau avec concavité supérieure où interne; elle reste en forme de bateau, mais avec concavité externe.

Si l'on mouille les valves ainsi retournées, elles reprennent leur position primitive pour se retourner à nouveau par la sécheresse. L'expérience peut réussir plusieurs fois de suite.

Il me reste à expliquer comment se comportent les grosses cellules basilaires. Les ornements de ces cellules sont, ou réduits aux parois radiales épaissies, ou bien ce sont des papilles latérales (fig. 11), ou encore des arcs incomplets (fig. 12). Dans les 3 cas, le phénomène est le même. Ces cellules ont des parois externes très minces dans leur partie longitudinale et moyenne; elles sont d'abord gonflées par l'eau qui les remplit; puis, cette eau s'évaporant peu à peu, comme les parois radiales forment une sorte de cadre presque indéformable, les parois *m*, *m* (fig. 16) s'affaissent peu à peu; et il arrive un moment où la pression atmosphérique les fait éclater (fig. 17 et 15). Alors les cellules se vident complètement; les parois *a*, *a* se rapprochent; et la couche externe étant devenue moins large que l'interne, la valve achève brusquement de se retourner et s'étale au sommet du pédicelle (fig. 19 *f'*). Ce mouvement est facilité par les parois *r*, *r*, *r*, (fig. 11), obliques et très minces des cellules, parfois même presque nulles dans cette partie (fig. 11 et 12).

L'examen attentif des capsules sèches d'herbier montre bien que le phénomène a lieu ainsi. Vues par-dessous, les grosses cellules basilaires, qui étaient arrondies et fortement saillantes à l'extérieur à l'état frais (fig. 14), ont leurs parois *p*, *p*, *p*, défoncées sur le sec (fig. 15) : c'est ce qui explique pourquoi l'on voit au travers les ornements de la couche interne.

Lignes de séparation des valves. — La séparation des 4 valves se fait suivant 4 lignes longitudinales entre des cellules dont les parois en contact restent non épaissies, hyalines et sans ornements.

Un examen superficiel des valves montre leurs bords plus ou moins rectilignes; mais, en réalité, il n'en est rien quand on les regarde avec quelque attention. La ligne séparative, suivant laquelle se fait la déhiscence, n'est jamais droite, parce qu'elle a lieu généralement entre deux cellules et que celles-ci ne sont que rarement en files longitudinales nettes. Il arrive aussi, lorsque les cellules des 2 couches sont loin de se correspondre, que quelques-unes se déchirent longitudinalement : c'est ce qu'on voit çà et là presque sur

toutes les capsules avec un peu d'attention. Ce défaut de superposition, dans les deux couches cellulaires des valves, le long des 4 lignes de déhiscence, oppose une certaine résistance à cette dernière. Il en résulte que la déhiscence a lieu assez lentement, du haut au bas de la capsule, au lieu de se faire brusquement comme chez le *Frullania* : c'est d'ailleurs indispensable pour produire une bonne dissémination des spores.

Enfin, comme les 4 cellules hyalines supérieures du fond de la capsule sont plus petites que les inférieures, et comme la déhiscence s'arrête à ces 8 cellules, *les valves se séparent plus profondément dans la couche interne que dans la couche externe.*

e. Dissémination des spores

Ce phénomène est le plus parfait de tout ce qui existe chez les Hépatiques.

Dans la capsule, les spores sont *toujours plus ou moins papilleuses* quand elles sont bien mûres; dans le cas contraire elles restent lisses et un peu plus petites : on le reconnaît à leurs vacuoles internes. Les élatères à 2 fibres spiralées servent à expulser les spores suivant un mécanisme des plus curieux (1) ; et pour employer l'expression de R. Douin (2), ces organes sont des *élatères sautantes.*

Quand la capsule mûre est arrivée à un état convenable de sécheresse, les 4 valves s'écartent de haut en bas ; et alors on assiste à un spectacle véritablement merveilleux que j'ai vu une douzaine de fois chez le *Dichiton calyculatus*, le *Prionolobus Turneri,* le *Lophoziella piriflora*, les *Cephaloziella Starkii, rubella, Hampeana, gracillima* et *Floridæ.* Au fur et à mesure que les valves s'écartent (fig. 19, *a' b' c' d' e' f'),* les élatères, dressées plus ou moins perpendiculairement sur la face interne (fig. 18), restent dressées dans le mouvement des valves; elles perdent peu à peu l'eau qu'elles renferment, se tortillent légèrement, puis finalement sautent au loin en entraînant les spores qui les entourent. A un grossissement de 50 à 100 diam., on voit ces organes filer comme des flèches dans

(1) Kammerling, Der Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren, in *Flora* (1898).

(2) R. Douin, Le Sporophyte chez les Hépatiques, in *Rev. gén. de Botanique* (1912), p. 408.

4 directions différentes. Enfin, il ne reste plus sur les valves que quelques élatères avec de rares spores, parfois même rien du tout; de sorte que ici, la *déhiscence est parfaite.*

Chez d'autres Hépatiques, considérées comme bien supérieures, il n'en est pas ainsi, car il y a à la fois, dans la capsule, des élatères sautantes et des élatères remuantes; et, quand la déhiscence est terminée, ces dernières restent sur les valves avec des milliers de spores (*Lophozia excisa* p. ex.) qui tombent au bas du pédicelle au lieu d'être lancées au loin.

D'après la manière dont se fait la déhiscence valvaire, on comprend facilement que les élatères du sommet des valves sautent les premières, puis c'est le tour de celles de la partie moyenne, pendant que celles de la base des valves ne sautent qu'à la fin.

Les valves s'écartent ordinairement assez lentement (1 ou 2 minutes), prennent les diverses positions *a'*, *b'*, *c'*, etc., schématisées dans la fig. 19, pendant que les élatères se maintiennent plus ou moins perpendiculairement aux valves, condition indispensable pour le saut. On voit ainsi que les élatères, lancées d'abord presque horizontalement au sommet des valves *a'* sont lancées presque verticalement à leur base *f'*, avec toutes les directions intermédiaires *b'*, *c'*, *d'*, *e'*. (Voyez les explications de la fig. 19).

Jusqu'où vont les spores? — K. Müller (1) dit qu'elles ne vont pas plus loin que s'il n'y avait pas d'élatères. C'est à peu près exact pour les Hépatiques à élatères remuantes; mais, ce n'est plus vrai du tout pour celles à élatères sautantes, comme c'est le cas dans notre famille.

J'ai fait, à ce sujet, quelques expériences avec les espèces indiquées plus haut. Sur le milieu d'une lame de verre rectangulaire (7 cm. × 8 cm.), j'ai mis de petits gazons c. fr. mat. exs. de 1 cm. de diamètre environ, de diverses Céphaloziellacées. La déhiscence achevée et les valves étalées en croix, j'ai vérifié au microscope la surface occupée par les spores et les élatères. J'ai pu ainsi constater la présence de spores sur le verre jusqu'à 3 et 4 cm. du gazon central chez *C. Starkii* et jusqu'à 5 cm. 1/2 chez *C. Hampeana* où le phénomène a atteint sa plus grande intensité; quant aux élatères, elles ne dépassaient pas un rayon de 1 cm. 1/2 à 2 cm.

(1) K. Müller, Die Lebermoose, in *Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen.-Flora. I,* p. 97 et 98.

A cette occasion, je ferai remarquer que des élatères de 150 μ × 10 μ lancent des spores de 7 à 12 μ de diamètre jusqu'à 4-5 cm., c'est-à-dire des spores d'environ un quinzième de leur poids jusqu'à une distance 300 fois plus grande que la longueur des dites élatères.

Il est indispensable d'opérer par un temps sec; par un temps humide, le phénomène est beaucoup moins actif quand il n'est pas arrêté complètement, les élatères restant alors en grande partie sur les valves; et une fois couchées, si la sécheresse revient, elles ne sautent plus aussi loin.

Et, chose remarquable, dans mes expériences, les spores étaient disséminées assez régulièrement sur la surface du verre, mais cependant, de moins en moins denses en s'écartant du centre. Cela est dû à la séparation progressive des valves qui fait que les élatères sautent successivement et avec des inclinaisons variables, comme je l'ai indiqué plus haut.

S'il en est ainsi dans le sens vertical, on observe un phénomène identique dans le sens horizontal. Dans le schéma (fig. 20), on voit, au centre, une section transversale de la capsule; et tout autour, les 4 valves (partie moyenne) retournées après la déhiscence *(a, b, c, d,)*. On voit que les élatères, *e, i, r, s, v* de la capsule occupent alors les positions, *e', i', r, s', v',*. Par suite, les spores lancées par la valve *a*, couvriront le quadrant *A a B;* de même les spores lancées par la valve *d* couvriront le quadrant *G d D,* etc. Cette figure montre que la portion voisine du pédicelle reçoit des spores provenant des 4 valves : c'est ce qui permet d'expliquer pourquoi cet organe est souvent couvert de spores. En outre, on voit que 4 bandes, ou plutôt 4 lignes, comprises entre *EF, GH, AD* et *CB* reçoivent chacune les spores des 2 valves. Enfin, les 4 coins du carré central limités par les valves retournées reçoivent les spores de 3 valves. Mais ces bandes et ces coins n'occupent que des surfaces insignifiantes; et, de plus, les 4 coins n'occupent pas toujours la même position dans la déhiscence; de sorte que, en résumé, la dissémination des spores a lieu très régulièrement.

IV

Evolution du sporogone.

Des 3 parties du sporogone, la racine arrive la première à son

complet développement : c'était d'ailleurs facile à prévoir, puisque c'est elle qui doit passer à la capsule les matériaux dont elle a besoin pour se développer. J'ai, en effet, remarqué maintes fois une racine complètement formée avec un pédicelle et une capsule encore très loin de leur évolution définitive.

Le pédicelle se développe ensuite ; et il est, sinon complètement développé, du moins prêt à subir son élongation définitive, c'est-à-dire que ses cellules sont complètement formées et bourrées d'éléments nutritifs, pendant que la capsule est encore verte. L'observation suivante en est une preuve évidente. Il m'est arrivé souvent de rapporter, dans des boîtes closes, des plantes avec capsules incluses et de ne les mettre en herbier que 24 heures après. Pendant ce temps, la chaleur de l'appartement se communiquait à l'intérieur des boîtes et y déterminait une éclosion prématurée de capsules vertes, avec tétrades de spores vertes à l'intérieur, au sommet de longs pédicelles.

V

Curieuses et instructives anomalies.

Comme on l'a vu précédemment, le pédicelle avec ses 4 files de cellules est d'une constance remarquable chez les Céphaloziellacées. Les quelques anomalies que j'ai rencontrées sont aussi curieuses qu'instructives, et montrent, une fois de plus, la justesse de cet axiome français : *L'exception confirme la règle.*

1° Chez le *Cephaloziella Starkii*, j'ai vu un pédicelle formé de 7 files de cellules avec un grand espace intercellulaire central, l'une des rangées avait seule des cellules sensiblement plus larges que les autres, sans être plus longues. Cela peut s'expliquer en supposant que 3 des 4 rangées de cellules se sont dédoublées. Malgré cela, le pédicelle n'était guère plus gros que ses voisins normaux. La capsule surmontant ce pédicelle ne s'est ouverte qu'au sommet ; elle est restée ainsi pendant 3 jours ; c'est alors que je l'ai sacrifiée pour l'étudier et que je me suis aperçu de l'anomalie du pédicelle. Cette capsule ne montrait pas à sa base externe les grosses cellules saillantes habituelles, mais le double environ de cellules plus petites : c'est, à n'en pas douter, la cause pour laquelle la déhiscence ne s'est pas faite normalement. Il a même fallu une pression assez forte sur la lamelle de la préparation pour séparer les valves.

2° Chez le *Cephaloziella Hampeana,* j'ai observé un pédicelle de 6 files de cellules, 2 de grandes cellules et 4 de petites, 2 files de cellules s'étant dédoublées. Comme dans l'exemple précédent, les cellules basilaires externes, de grandeur normale sur 2 valves, étaient beaucoup plus nombreuses et plus petites sur les 2 autres. Aussi, 2 valves se sont écartées à angle droit au sommet du pédicelle, tandis que les 2 autres sont restées plus ou moins redressées.

3° Chez les *Lophoziella piriflora, Dichiton calyculatus* et *Cephaloziella Hampeana,* j'ai vu un pédicelle de 5 files de cellules, une seule s'étant dédoublée. Une seule valve avait été influencée : elle montrait 7 cellules basilaires peu saillantes à l'extérieur au lieu des 4 ou 5 habituelles. Mais, dans ce cas, l'action combinée des 3 valves normales avait suffi pour produire une déhiscence normale ; seule, la quatrième était moins nettement étalée.

Toutes ces anomalies montrent bien l'influence décisive des grosses cellules basilaires externes dans la déhiscence.

Cellules du fond de la capsule

Un autre caractère très constant dans notre famille est celui des 8 grandes cellules hyalines qui forment le fond de la capsule au sommet du pédicelle. Les 4 grandes cellules inférieures ne changent presque jamais ; je ne les ai vues se dédoubler, parallèlement à celles du pédicelle que dans les cas anormaux signalés ci-dessus. Mais les cellules supérieures sont toujours beaucoup plus variables. Ainsi, très souvent une, parfois 2, rarement 3 (fig. 8) et tout à fait exceptionnellement les 4 cellules sont divisées par des cloisons très minces et sans papilles. Il est fort rare de voir ces cloisons épaisses et avec de grosses papilles comme celles des valves. Quoi qu'il en soit, la forme générale de ces cellules persiste sans influencer les cellules voisines. Je n'ai vu que 2 fois une modification vraiment anormale de ces cellules chez le *Cephaloziella rubella* et le *Prionolobus Turneri.* Chez ce dernier (fig. 21), les 4 cellules primitives semblaient avoir complètement disparu; elles étaient remplacées par un réseau compliqué de cellules très irrégulières et sans ornements. Les valves étaient un peu inégales ainsi que les cellules basilaires externes, sans être autrement anormales. Mais un examen attentif permet d'y retrouver les 4 cellules primitives (voy. les gros traits) devenues simplement inégales.

Conclusions pratiques

Il résulte de ces anomalies que *le pédicelle de 4 files de cellules*, *les 8 grandes cellules hyalines* du fond de la capsule, surtout *les 4 inférieures* et *les 4 ou 5 grosses cellules basilaires externes*, sont *trois caractères en corrélation très intime*, la présence de l'un d'eux entraînant *forcément* l'existence des 2 autres; de plus, ils appartiennent, *exclusivement*, à la famille des Céphaloziellacées nov. fam.

Il découle aussi de là des enseignements pratiques fort intéressants. Pour reconnaître une plante de notre famille, il suffira d'y constater l'un des 3 caractères ci-dessus.

Ainsi, à défaut de fruits en bon état :

1° dans un sporogone plus ou moins avancé, il suffira de voir les 4 files de cellules du pédicelle, sous l'aspect des figures 1 ou 2 ce qui se voit très facilement sans faire de coupe ;

2° dans une capsule presque mûre, il suffira de constater la présence des grosses cellules saillantes de la base; cela se voit aussi, sans aucune manipulation, à leur couleur rougeâtre qui tranche sur le fond noir du reste (examinez la capsule placée comme dans la fig. 2);

3° dans une capsule ouverte et étalée, telle qu'on les trouve assez souvent dans les échantillons desséchés d'herbier, il suffira d'observer les 4 cellules hyalines supérieures réunissant la base des valves; ou les 4 grandes cellules hyalines inférieures au centre desquelles se voit le pédicelle considérablement rétréci et flétri, quand on examine la capsule par dessous ;

et 4° dans une capsule à valves plus ou moins détériorées, il suffit de voir, à défaut des cellules précédentes, les grosses cellules basilaires externes défoncées comme l'indique la figure 15 et laissant voir les ornements de la couche supérieure des valves.

VI

Place de la nouvelle famille.

Si l'on adopte la classification de Spruce, généralement admise aujourd'hui par tous les hépaticologues, les Céphaloziellacées se placent indiscutablement entre les Trigonanthées et les Epigonianthées, sans appartenir ni à l'un ni à l'autre de ces 2 groupes.

En effet, *toutes* les espèces ont un périanthe qui possède à la fois le pli ventral des Trigonanthées et le pli dorsal des Épigonianthées ; elles doivent donc former, entre ces 2 derniers groupes, un groupe spécial qui doit marcher de pair avec eux.

Si l'on considère le perfectionnement organique de nos petites Céphaloziellacées, jusqu'ici si négligées et considérées comme très inférieures, on verra qu'elles doivent être placées très haut dans la classe des Hépatiques.

Il est certain que le mode de déhiscence de la capsule, perfectionné par l'action des grosses cellules basilaires externes, que le merveilleux phénomène des élatères lançant au loin les spores, ne peuvent être que le résultat d'une très longue évolution.

Il n'est pas jusqu'à la simplicité du pédicelle qui ne soit aussi un progrès organique certain. En effet, quand le moment de la dissémination des spores est arrivé, le pédicelle peut s'allonger brusquement et sans aucun obstacle, parce que toutes ses cellules s'allongent également. Il n'en est plus de même chez les autres Hépatiques, où les cellules internes ne s'allongeant pas, retardent (*Cephalozia* p. ex) ou même empêchent l'allongement des cellules externes, et sont déchirées par ces dernières, ce qui produit des vides à l'intérieur du pédicelle.

En résumé, les Céphaloziellacées forment un groupe très distinct qui doit se placer au premier rang parmi les Hépatiques.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 8

Fig. 1. — Sporogone (*Evansia Jamaicensis* Douin) montrant ses 3 parties nettement différenciées (35 : 1).

Fig. 2. — Capsule (*Cephaloziella Hampeana*) montrant les grosses cellules externes de la base avec la partie supérieure du pédicelle (100 : 1).

Fig. 3. — Racine de la même espèce montrant la base du pédicelle implantée dedans avec la tétrade des 4 cellules basilaires (100 : 1).

Fig. 4. — Sporogone du *Prionolobus Turneri* (Hook.) vu en coupe longitudinale passant par l'axe du pédicelle ; on voit la capsule formée de 2 couches de cellules, les grosses cellules basilaires saillantes *d* et le méat intercellulaire du pédicelle (230 : 1).

Fig. 5. — Figure plus ou moins schématisée montrant, en perspective, la partie supérieure du pédicelle, les 8 cellules hyalines du fond de la capsule avec la base d'une valve.

Fig. 6. — Coupe longitudinale (la moitié seulement) de la fig. précédente passant

par l'axe du pédicelle et permettant de comprendre la signification des 4 ou 5 cercles concentriques que l'on voit au fond de la capsule.

Fig. 7. — Cercle (un quart seulement) séparant les 4 cellules hyalines supérieures des 4 cellules inférieures et montrant où se projettent les cercles ci-dessus dans l'examen microscopique.

Fig. 8. — Base d'une capsule du *Cephaloziella rubella* (Nees) montrant une légère anomalie : 3 des 4 cellules hyalines supérieures sont divisées ; une seule valve est figurée (120 : 1).

Fig. 9. — Coupe plus ou moins schématisée de la capsule perpendiculairement à la partie moyenne des grosses cellules basilaires externes (150 : 1 environ).

Fig. 10. — Figure perspective et un peu schématique montrant le haut du pédicelle (un quart seulement) et la base de la capsule. On aperçoit par transparence le bout *m* (en trait fin dans la fig.) de la couche supérieure valvaire avec ses ornements internes (papilles) ; la partie gauche de la valve seule a été dessinée complètement avec ses ornements.

Fig. 11. — Base inférieure d'une valve (*Lophoziella piriflora* D.) montrant les grosses cellules basilaires, dont 3 ont subi une division secondaire, avec leurs papilles latérales; on voit aussi que les ornements peuvent varier dans une même cellule. Seules, les cellules basilaires et quelques cellules voisines ont été dessinées avec leurs ornements (230 : 1).

Fig. 12. — Figure semblable à la précédente *(Cephaloziella Hampeana)* dont les ornements sont tous des arcs incomplets. On voit en *mr* 2 grosses cellules basilaires superposées (230 : 1).

Fig. 13. — Base supérieure de la valve dessinée ci-dessus ; on voit que les cellules sont plus étroites et plus nombreuses que celles situées au-dessous (230 : 1).

Fig. 14. — Aspect des grosses cellules basilaires externes quand elles sont maintenues turgescentes par l'eau qui les remplit (230 : 1).

Fig. 15. — Les mêmes après la dessiccation ; la partie moyenne et longitudinale de leurs parois a éclaté sous la pression atmosphérique (230 : 1).

Fig. 16. — Coupe plus on moins schématique de la fig. 14 : la paroi *m* des cellules externes est très mince.

Fig. 17. — Coupe plus ou moins schématique de la fig. 15 (partie) : on voit la paroi *m* pendante à l'intérieur de la cellule.

Fig. 18. — Coupe longitudinale d'une capsule montrent la disposition des élatères plus ou moins perpendiculaire à la paroi valvaire.

Fig. 19. — Figure représentant une coupe longitudinale de la capsule des Céphaloziellacées et expliquant comment les spores sont lancées et disséminées au loin ; on y voit les positions successives d'une valve et les élatères sautantes correspondantes : l'élatère *a* prend la position *a'* et saute ensuite en lançant les spores voisines en *Spa* ; l'élatère *b* prend la position *b'* avant de lancer ses spores en *Spb* ; de même les élatères *c, d, e, f*, prennent les positions *c' d' e' f'* et lancent les spores en *Spc*, *Spd*, etc.

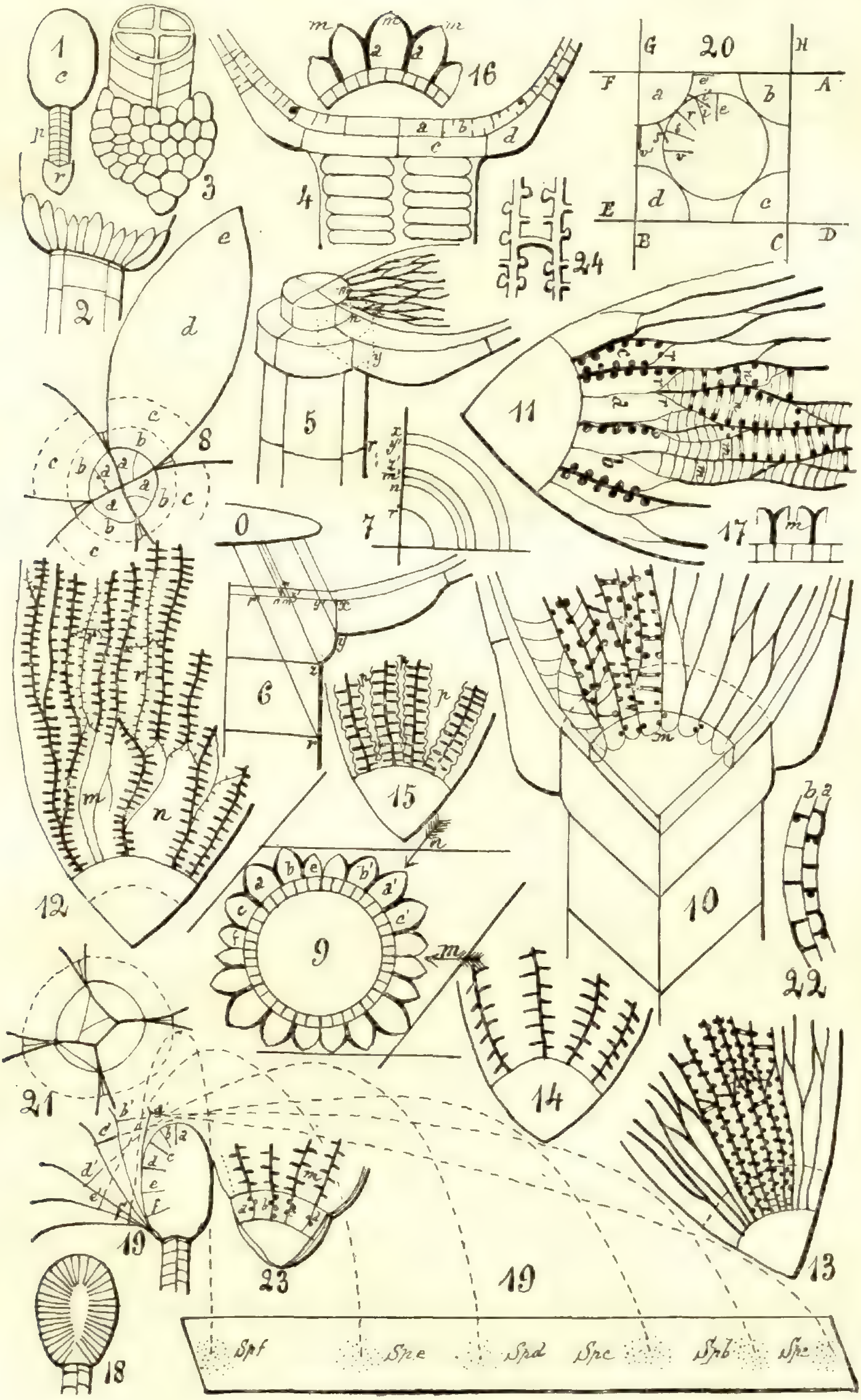
Fig. 20. — Même figure montrant la capsule en coupe transversale ; on y voit les valves complètement retournées avec la direction des élatères : *e* prend la position *e'* avant de sauter ; *i* passe en *i'* ; *r* ne change pas; etc.

Fig. 21. — Anomalie du fond de la capsule chez le *Prionolobus Turneri* (120 : 1) ; les gros traits indiquent les séparations des 4 cellules hyalines primitives ; les parois cellulaires étaient toutes également minces.

Fig. 22. — Coupe transversale d'une capsule *(Cephaloziella)* : *a*, couche interne ; *b*, couche externe (250 : 1).

Fig. 23. — Cellule basilaire hyaline du fond de la capsule *(Cephaloziella Hampeana)* montrant par transparence le bout *a*, *b*, *c*, *d*, de la couche inférieure de la valve correspondante ; le pédicelle a été enlevé ; on voit que la cellule *m* montre 2 sortes d'ornements : des papilles internes, et des arcs externes (230 : 1).

Fig. 24. — Figure plus ou moins schématique montrant les divers ornements des cellules : papilles et arcs complets ou non (450 : 1).



Ch. DOUIN del. BERTIN et Cie, sc.

Le sporogone des Céphaloziellacées.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU GENRE *RIELLA*

par M. Robert DOUIN

Avant de rédiger cet article, je tiens à adresser ici mes remerciements à MM. Maire et Trabut, qui ont eu l'amabilité de m'envoyer vivants le *Riella Clausonis* et le *Riella Battandieri*.

I

Le Gamétophyte des *RIELLA*.

Ce gamétophyte est constitué par une « nervure » qui porte :

1° insérée longitudinalement une grande feuille que l'on nomme l'aile et dont nous verrons plus loin la nature.

2° des feuilles à insertion et de taille variables, qui ne diffèrent guère des feuilles des autres Hépatiques.

On a beaucoup discuté pour savoir si c'était une tige feuillée ou un thalle.

Dans les germinations (fig. 7 *b)*, on a une lame avec une véritable nervure au milieu, et la plante peut être considérée comme une Hépatique à thalle, mais dans la suite la nervure ressemble nettement à une tige feuillée et seule, l'aile unilatérale peut faire croire à un thalle ; si l'on veut bien considérer qu'elle est parfois interrompue et que l'on peut en observer plusieurs superposées, on pourrait admettre que cette aile est une feuille, mais il est à cette hypothèse une objection sérieuse, c'est qu'elle porte les anthéridies ; or, on n'a jamais vu une feuille d'Hépatique donner naissance à des anthéridies : ce seul fait suffit donc à prouver la nature caulinaire de l'aile.

La « nervure » donne-t-elle naissance à l'aile comme le prétend

Leitgeb (1) ou la « nervure » est-elle issue de l'aile comme l'affirme Gœbel (2) ?

Nous avons vu souvent, dans les formes jeunes, une aile très bien développée, portant des feuilles d'une seule couche de cellules et sans aucune trace de nervure différenciée (fig. 1 *n*); nous avons vu aussi très fréquemment, dans les germinations de spores et de propagules, une lame sur le milieu de laquelle les cellules se multiplient pour former la soi-disant nervure, mais aussi, quoique beaucoup plus rarement, une tige nettement différenciée et séparée de l'aile (fig. 14). D'autre part l'aile est parfois interrompue et il y a des portions de tige sans aile portant de véritables feuilles : par suite, dans ces deux derniers cas, la tige donne naissance à l'aile. Il résulte de tous ces faits en contradiction les uns avec les autres que cet organe des *Riella* est très différent de tout ce que l'on peut observer chez les autres Hépatiques. D'abord c'est une véritable tige, puisqu'elle est dressée, qu'elle porte des feuilles et même des bourgeons donnant des ramifications ; de plus cette tige est ailée et présente une remarquable différenciation : l'aile portant les anthéridies, la tige les archégones ; mais ces deux parties réunies forment un tout indivisible, une *tige ailée*.

II

Le Sporophyte.

A). — *Sporogone.* — La racine et le pédicelle ne sont pas différenciés (fig. 15 et 17); leur ensemble offre une forme allongée, et l'on peut considérer comme racine la partie inférieure qui est très légèrement renflée. La capsule est sphérique, et sa paroi est constituée par une seule couche de cellules sans épaississements. Les spores commencent à germer à l'intérieur de la capsule et à maturité la déhiscence se produit par destruction de la paroi capsulaire dont les cellules s'isolent par groupes.

B). — *Enveloppes.* — La coiffe ne se déchire pas pour laisser passer la capsule comme dans les autres Hépatiques : elle s'accroît au contraire avec le sporogone et l'enveloppe complètement ; elle est formée de trois ou quatre couches de cellules autour de la racine et

(1) Leitgeb. Untersuchungen über die Lebermoose. (1874-1881).

(2) Goebel K. Archegoniatenstudien. (*Flora* 1893, S. 104, 1 Taf.)

du pédicelle, mais d'une seule autour de la capsule (fig. 17) ; au moment de la déhiscence ses cellules s'isolent avec celles de cette dernière.

L'involucre entoure aussi complètement le sporogone.

III

Multiplication végétative.

Les *Riella* possèdent, ainsi que l'a fait remarquer Gœbel (1), une remarquable facilité de régénération.

D'après ce même auteur, lorsque la plante se détruit, des pousses adventives naissent soit sur les feuilles, soit sur l'aile, soit sur la tige, mais n'apparaissent normalement que sur cette dernière lorsque les différentes parties de la plante restent réunies. Nous avons pu constater à nouveau ces faits : ainsi, nous avons vu latéralement sur des feuilles (fig. 3) et sur la tige (fig. 4)des pousses adventives qui se développent sans montrer les phases initiales de la germination, mais en outre, nous avons observé sous certaines feuilles, sous l'aile et aussi sous la tige un (fig. 11 et 12) ou plusieurs (fig. 2 et 6) massifs de cellules très chlorophylliennes qui, bien que n'ayant pas une forme très nettement déterminée, doivent être considérés comme des propagules : en effet, ils sont capables de reproduire les phases initiales du développement de la plante à l'égal des spores. Les figures (2) et (6) montrent suffisamment comment ces propagules se développent ; ces derniers donnent naissance en dessus (fig. 7) à des pousses à peu près identiques à celles issues des spores (fig. 13) pendant que des radicules naissent en dessous. On peut quelquefois retrouver (fig. 10) à la base de la tige, le propagule avec les débris de la feuille qui lui a donné naissance.

Parfois le massif propagulifère ne naît pas directement sur la feuille-mère, mais sur une innovation que celle-ci développe (fig. 5 et 8).

Il nous faut signaler ici que ces propagules sont très différents

(1) Gœbel K. Archegoniatenstudien. Weitere Untersuchungen über Keimung und Regeneration von *Riella* und *Sphaerocarpus*. (*Flora* 1907, S. 192-215, mit 23 Abbild. im Text.)

de ceux signalés par Gœbel (1) chez le *Riella Cossoniana*, le *Riella helicophylla* et le *Riella Battandieri*, propagules qui, suivant ce botaniste, naissent toujours sur la tige entre les feuilles et sont formés de deux parties : une partie inférieure constituée par un disque germinatif plat (Keimscheibe), une partie supérieure concave (Blattteil).

Quoique n'ayant pu retrouver ces propagules, et pourtant nous cultivons le *Riella Clausonis* et le *Riella Battandieri* depuis environ un an, nous sommes loin de vouloir infirmer ici leur existence.

IV

Comparaison avec le genre *SPHAEROCARPUS*

La parenté des *Riella* avec les *Sphaerocarpus* a été plusieurs fois mise en évidence, d'abord par Leitgeb, ensuite par Gœbel (loc. cit.), puis par Cavers (2), c'est pourquoi une comparaison entre ces deux genres nous semble présenter le plus grand intérêt.

Différences

Sphærocarpus	*Riella*
1) Plante terrestre possédant un thalle lobé à une extrémité avec partie moyenne de plusieurs couches de cellules : cette partie moyenne forme une sorte de nervure une ou deux fois bifurquée sur laquelle se développent soit les anthéridies, soit les archégones.	1) Plante aquatique ayant une tige ailée bien différenciée et portant des feuilles très inégales à insertion très variable.
2) Pas de cellules à huile.	2) Des cellules à huile.
3) Organes ♂ et ♀ se développant de très bonne heure sur des thalles excessivement jeunes.	3) Organes ♂ et ♀ ne se développant que tard sur des plantes déjà adultes.
4) Involucres à anthéridies en lignes sur la nervure du thalle.	4) Involucres à anthéridies en lignes sur la partie de l'aile opposée à la tige.
5) Involucres à archégones en lignes sur la nervure du thalle.	5) Involucres à archégones disposés irrégulièrement sur la tige.

(1) Gœbel K. Archegoniatenstudien. Ueber die Brutknospenbildung und über die systematische Stellung von *Riella*. (*Flora* 1908, S. 308-323, mit 8 Textabb.)

(2) Cavers. The Inter-Relationship of the Bryophyta (*New Phytologist*, 1910-11).

6) Sporogone possédant une racine globuleuse incluse dans le thalle et un court pédicelle bien différenciés.	6) Sporogone à racine et pédicelle indifférenciés, la racine restant incluse dans la coiffe.
7) Spores groupées par tétrades même à maturité.	7) Spores isolées à maturité.
8) Coiffe se brisant pour permettre à la capsule de se développer.	8) Coiffe accrescente et suivant le développement de la capsule.

Il semblerait, d'après ce tableau, que l'on doive séparer les *Sphaerocarpus* des *Riella*, mais les caractères qui permettent de les réunir sont d'une toute autre importance.

En effet, outre le caractère exclusif des involucres spéciaux qui se développent autour de chaque archégone et de chaque anthéridie en les entourant peu à peu, caractère qui a motivé la création du groupe des *Sphaerocarpales* de Cavers (loc. cit.), il y a ceux tirés de la fructification : ces deux genres possèdent une capsule sphérique à paroi unicellulaire sans épaississements, renfermant des spores et des cellules stériles vertes, cellules stériles qui sont disparues à maturité.

Pour toutes ces raisons, nous estimons que les genres *Sphaerocarpus* et *Riella* doivent former dans les Hépatiques un groupe spécial divisé en deux tribus, celle des Sphaerocarpoidées et celle des Rielloidées.

V

Position systématique.

Faut-il, avec la plupart des auteurs, faire rentrer les *Riella* dans la sous-classe des *Jungermanniales*, ou avec Gœbel (loc. cit.) les placer dans celle des *Marchantiales* ou bien, avec Cavers, en faire la sous-classe spéciale des *Sphaerocarpales* ?

Les preuves apportées par Gœbel sont les suivantes : la constitution des cellules à huile identiques à celles des Marchantiacées, la formation des propagules qui présente des analogies avec celle du *Marchantia* et du *Lunularia*, l'involucre des archégones qui se trouve être comme chez le *Marchantia* et le *Preissia*, la formation du disque germinatif d'accord avec celle du *Sphaerocarpus* (à part la position verticale), qui est analogue à celle des Ricciées et des Marchantiées, la paroi capsulaire sans épaississements et enfin les

cellules stériles mêlées aux spores comme chez le *Corsinia.*

Mais de sérieuses objections viennent s'opposer à ces faits. Les cellules à huile (caractère d'ailleurs sans importance) n'existent pas chez le *Sphaerocarpus* et nous ne croyons pas qu'il en faille voir la cause, comme le veut Gœbel, dans la fugacité de cette plante, puisqu'elle peut durer plusieurs mois.

Les *Riella* ne possèdent pas de corbeilles à propagules comme le *Marchantia* et le *Lunularia.*

Quant à l'involucre de l'archégone, il n'a rien de comparable, comme semble le croire Gœbel, à celui du *Marchantia* et du *Preissia* : l'involucre du *Riella* est comparable au périanthe du *Marchantia* et du *Preissia* et non à leur involucre qui enveloppe plusieurs périanthes.

La germination du *Sphaerocarpus*, si elle est analogue à celle du *Riella,* est loin de ressembler à celle d'une Marchantiée par ex. le *Fegatella* ; une germination de *Pellia* ressemble davantage à cette dernière et pourtant on n'a jamais pensé à mettre *Pellia* dans les Marchantiées.

Le fait que le paroi capsulaire est sans épaississements n'a pas une grosse valeur, car ce n'est certainement pas un tel caractère qui a fait placer un *Reboulia* ou un *Grimaldia* dans les Marchantiées et la présence de cellules stériles parmi les spores ne fournit pas non plus une preuve décisive : si nous voulions employer des arguments de cet ordre, il nous suffirait de dire que les spores du *Riella* commencent à germer à l'intérieur de la capsule comme celles du *Pellia* (aucune Marchantiée n'a de telles spores), donc le *Riella* est une Jungermanniacée anacrogyne.

Gœbel affirme d'autre part qu'on ne peut pas lui objecter la constitution du thalle, car, dit-il, chez le *Dumortiera* il n'y a, ni chambres aériennes, ni pseudo-stomates. Mais la fructification du *Dumortiera* a suffi pour en faire une Marchantiée certaine ; de plus, les différences respectives entre le thalle typique d'une Marchantiée et le thalle du *Dumortiera* d'une part, le thalle (?) d'un *Riella* d'autre part, sont loin d'être du même ordre : en effet le *Dumortiera* possède un thalle grand, plat, dichotome, présentant plusieurs épaisseurs de cellules en coupe transversale ; il a, somme toute, l'aspect extérieur de celui d'une Marchantiée, tandis que les *Riella* ont un appareil végétatif formé, comme nous l'avons vu, par une véritable tige

ailée qu'il est impossible de comparer à un thalle de Marchantiée.

Enfin Gœbel fait intervenir une dernière preuve, sur laquelle il n'insiste pas, c'est la constitution des anthéridies. Elle n'a pas plus de valeur que les autres : en effet, si elles ont un pédicelle d'une seule file de cellules, comme celles du *Targionia* et du *Fegatella*, il en est de même chez la plupart des Jungermanniacées acrogynes comme le *Cephaloziella*, le *Cephalozia* etc.

En réalité, les Riella doivent être comptés parmi les Jungermanniacées, à cause de leur gamétophyte constitué par une tige ailée portant des feuilles ; la position verticale, caractère invoqué autrefois par Leitgeb, a également, quoique accessoire, quelque intérêt, bien que Gœbel ait objecté qu'elle se trouve également dans les propagules du *Marchantia* ; mais il s'agit ici de la position de la plante adulte et non de celle des propagules.

En outre, le caractère de la fructification latérale nous les fera placer dans les Jungermanniacées anacrogynes. C'est ce qu'a fort bien vu Schiffner (1).

Quant à l'opinion de Cavers, si nous ne l'acceptons pas ici, nous la considérons comme fort soutenable, attendu que les Rielloidées et les Sphærocarpoidées sont très aberrantes dans la classe des Hépatiques.

En résumé, le genre *Riella* forme un groupe isolé, complètement différent de toutes les autres Hépatiques par sa tige ailée, et voisin de *Sphaerocarpus* par sa fructification.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 9

N. B. — Toutes les figures appartiennent au *Riella Clausonis* sauf les figures 3, 7 et 16.

Fig. 1. — Extrémité d'une pousse de *Riella Clausonis* : *a*, aile plus ou moins repliée en *b* et *c*; la nervure est très nettement différenciée en *l*, très mince en *m* et réduite à une seule couche de cellules en *n*; toutes ces parties portent des feuilles : *l*, la feuille *h*; *m*, la feuille *g* et *n*, la feuille *f*; *o*, point végétatif. Grossissement 15/1 environ.

Fig 2. — Portion de feuille morte montrant en dessous trois propagules à divers états de leur développement. Grossissement 100/1.

(1) Schiffner. Hepaticæ, in Engler und Prantl : *Die natürlichen Pflanzenfamilien.* (Leipzig 1909).

Fig. 3. — Pousse adventive formée par un groupe de cellules vertes au bord d'une feuille détériorée de *Riella Battandieri* dont les cellules sont complètement dépourvues de chlorophylle et mortes : on voit à gauche une cellule contenant un gros corps oléagineux. Grossissement 190/1.

Fig. 4. — Pousses adventives nées sur la tige dont le bord latéral est seul figuré. Grossissement 100/1.

Fig. 5. — Portion de feuille *f* montrant une innovation *b* dans laquelle le propagule s'est développé plus haut en *a* et d'où partent des radicules. Grossissement 30/1.

Fig. 6. — Propagules nés sur la tige. Grossissement 100/1.

Fig. 7. — Feuille morte et plus ou moins déchirée du *Riella Battandieri* montrant trois propagules *A B C* dont l'un *B* présente deux germinations *a* et *b*. Grossissement 1/15.

Fig. 8. — Région *b* de la fig. 5, mais plus grossie. Grossissement 100/1.

Fig. 9. — Les propagules de la fig. 6 à un plus faible grossissement et en place. Grossissement 15/1.

Fig. 10. — Partie inférieure d'une tige complètement développée : on voit en *r* la tige se bifurquer, en *m m* l'aile interrompue, en *a* la masse propagulifère d'où est née la plante et tout autour les débris *b c* de la feuille qui lui a donné naissance ; en *ar* se trouve un archégone stérile ; la tige porte des feuilles *f* et *f'*. Grossissement 15/1.

Fig. 11. — Partie de l'aile montrant un jeune propagule formé par un petit massif de cellules chlorophylliennes. Grossissement 100/1.

Fig. 12. — Même partie de l'aile, mais vue sur l'autre face et montrant en *a* la cellule basilaire du propagule. Grossissement 100/1.

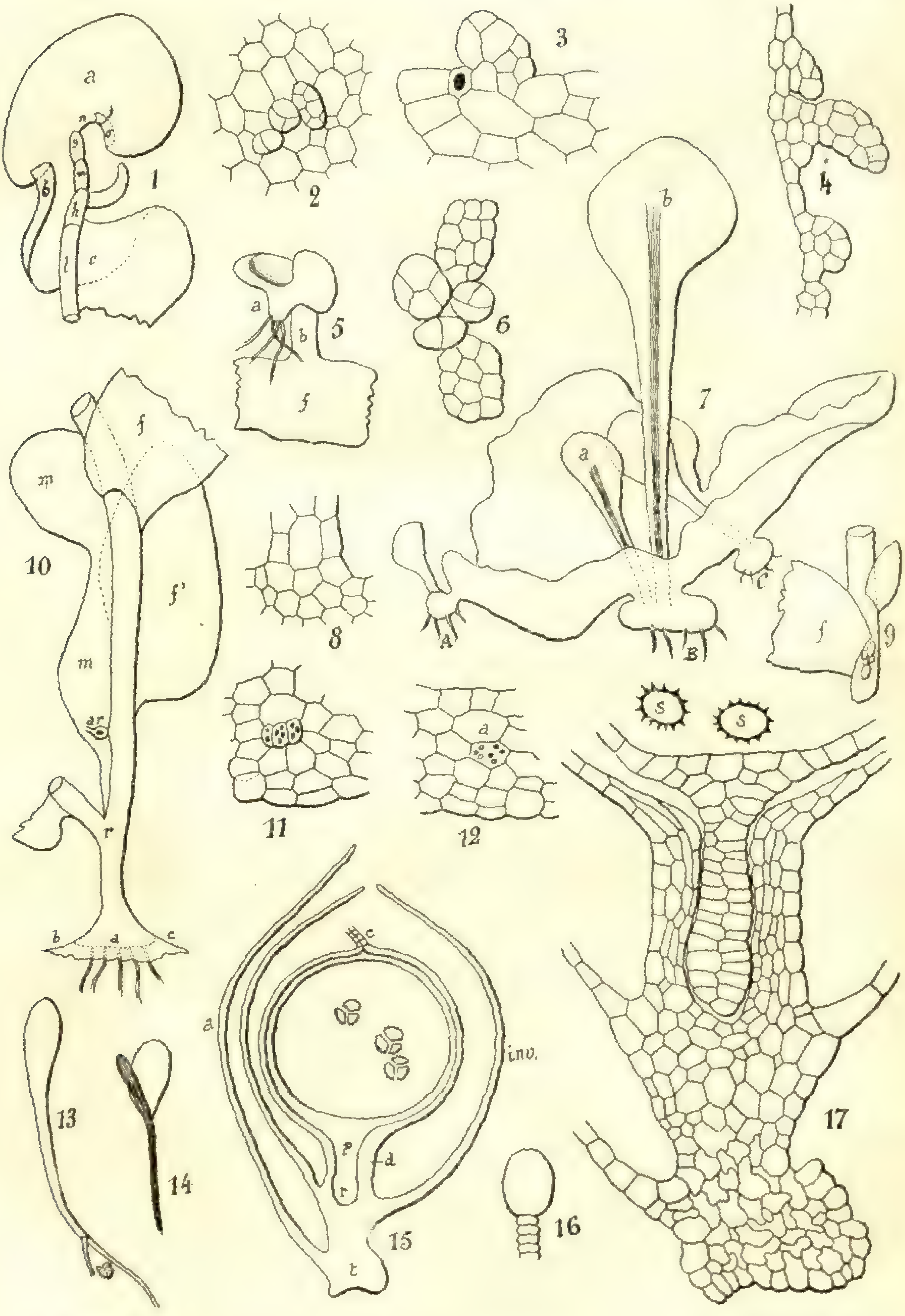
Fig. 13. — Germination issue d'une spore et montrant une forme analogue aux germinations *a* et *b* de la fig. 7 ; la spore s'est détachée. Grossissement 30/1.

Fig. 14. — Germination montrant la tige isolée et distincte de l'aile. Grossissement 30/1.

Fig. 15. — Coupe longitudinale du sporogone : (*r*, racine ; *p*, pédicelle ; *c*, coiffe ; *inv.* involucre) rencontrant transversalement la tige *t* et l'aile *a*. Grossissement 30/1.

Fig. 16. — Anthéridie de *Riella Battandieri*. Grossissement 100/1.

Fig. 17. — Partie de la coupe représentée fig. 15, mais plus grossie. Grossissement 100/1.



R. Douin del. Bertin et Cie, sc.

Les Riella.

SUR QUELQUES CAS TÉRATOLOGIQUES DE GERMINATION CHEZ LE CHOU-FLEUR ET LE CHOU-MILAN

par M. Marcel **DUBARD**

Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand

et M. A. **URBAIN**

Ayant entrepris toute une série d'expériences afin d'étudier le degré d'utilité pour la plantule des réserves cotylédonaires chez les embryons exalbuminés, nous avons été amenés à pratiquer des mutilations, consistant dans l'ablation de l'une ou des deux feuilles cotylédonaires à différents stades du développement ; ces mutilations nous ont permis d'observer, chez le Chou-fleur et le Chou-Milan, certains cas tératologiques susceptibles d'une explication simple. Nous avons obtenu en particulier des feuilles plus ou moins cupulées, résultant de prôcessus légèrement différents, comme nous l'a montré l'étude anatomique de ces monstruosités.

L'influence des mutilations sur la forme des feuilles a déjà fait l'objet d'un certain nombre d'études ; c'est ainsi que Gain (1) a décrit le développement de Lupins dont les cotylédons avaient été mutilés et a constaté des variations morphologiques assez considérables portant principalement sur le nombre et l'aspect des feuilles. Blaringhem (2) a obtenu d'autre part, au moyen de mutilations de la tige, des feuilles en cornet chez l'Epinard, le Coudrier, le Maïs, etc.

(1) Ed. Gain. Développement de Lupins issus de graines dont les cotylédons ont été mutilés. *(Ass. fr. pour l'Avanc. des Sciences. Saint-Etienne,* 1897).

(2) Blaringhem. Action des traumatismes sur la variation et l'hérédité *(Thèse doct. ès Sc.* Paris 1907.)

On sait, d'après nos recherches précédentes (1), que si l'on supprime les cotylédons dès le début de la germination, celle-ci est rapidement entravée et qu'en particulier on n'observe qu'un développement très restreint de la gemmule ; ce bourgeon peut s'allonger quelque peu, mais n'arrive à différencier complètement aucune feuille.

L'ablation d'une partie des cotylédons agit dans le même sens, mais avec une intensité moindre, et l'on peut en quelque sorte mesurer le degré de vitalité de la plantule par le développement que prend la gemmule en un temps donné. Pareillement, l'ablation plus ou moins tardive des cotylédons retentit d'une manière parallèle sur l'élongation de la gemmule et, dans le cas qui nous occupe, c'est, il nous semble, le point de départ du processus tératologique.

Nous avons donc supprimé chez le Chou-fleur et le Chou-Milan les cotylédons à différentes périodes de la germination ; si l'on enlève totalement les deux cotylédons dès le début de la mise en germination, l'évolution des plantules est très restreinte et leur mort survient rapidement ; l'ablation d'une portion assez réduite des cotylédons laisse quelques chances d'obtenir des survivances ; enfin l'ablation même totale des cotylédons, mais entre le huitième et le dixième jour de végétation, laisse survivre quelques individus et c'est parmi eux que nous avons observé les cas tératologiques qui font l'objet du présent Mémoire.

Voici d'ailleurs le détail de nos expériences :

a) *Chou-fleur*. 18 graines sont mises en germination ; au bout de dix jours, les cotylédons commencent à sortir des téguments de la graine et sont encore jaunâtres ; sur 6 plantules nous supprimons alors les deux cotylédons, sur 6 autres un seul cotylédon, les 6 dernières étant laissées intactes comme témoins ; nous constituons ainsi respectivement trois lots : P_1, P_2, P_3. Nous avons eu soin, dans les mutilations, de prendre toutes précautions pour ne point léser la gemmule et d'autre part de retrancher aussi complètement que possible les organes qui devaient être enlevés en les sectionnant au ras de la tige.

Au bout de trente-cinq jours de végétation, c'est à dire vingt-cinq jours après la mutilation, nous avons observé : dans le lot P_1, cinq

(1) M. Dubard et A. Urbain. De l'influence de l'albumen sur le développement de l'embryon. *(Comptes-rendus Ac. Sc.* Avril 1913).

morts et une survie correspondant au cas tératologique I ; dans le lot P_2 une mort, 5 plantes survivantes dont 4 normales et une correspondant au cas tératologique II (la plante morte dans le courant de l'expérience manifestait déjà une tendance à ce même type) ; enfin, dans le lot P_3, 6 plantes vivantes normales.

b) *Chou-Milan*. 18 graines sont mises en germination ; la sortie des cotylédons s'effectue le huitième jour ; nous constituons alors trois lots P'_1 P'_2 P'_3 en opérant comme précédemment. Au bout de trente-cinq jours de végétation, le lot P'_1 nous a donné trois morts et deux plantes survivantes plus petites que les témoins ; le lot P'_2 6 plantes vivantes dont une présentant le cas tératologique III et le lot P'_3 6 plantes vivantes normales ; le Chou-Milan se manifeste donc comme beaucoup plus résistant que le Chou-fleur, puisqu'il supporte mieux une ablation plus précoce.

Il est facile de comprendre d'ailleurs que des plants qui semblent opérés au même âge et dans des conditions identiques ne le sont pas en réalité, malgré toutes les précautions, d'une façon parfaitement rigoureuse et peuvent, par conséquent, donner des résultats assez différents ; car, il faut bien admettre que si l'on réalisait toujours des conditions d'une identité parfaite, on déterminerait exactement les mêmes conséquences.

Lorsqu'on fait un semis, le réveil de l'activité végétative ne se produit pas exactement au même moment chez toutes les graines ; il y a donc un espacement des points de départ dont il est impossible de tenir compte et qui peut mettre la gemmule dans une situation plus ou moins favorable au moment où l'on a pratiqué la mutilation ; d'autre part celle-ci peut ne pas être absolument comparable sur tous les pieds ; il suffit que la section ne soit pas pratiquée tout à fait aussi près de la tige pour laisser à la plantule quelques matières de réserve dont profitera la gemmule pour hâter son développement ou pour le pousser plus loin et, si l'on veut obtenir une ablation trop rigoureuse on risque de léser le jeune bourgeon, et d'enrayer par cela même toute espèce de développement. C'est pourquoi il ne faut pas s'étonner que dans une expérience portant sur un certain nombre de sujets, quelques-uns seulement donnent les résultats espérés, car l'état de la gemmule, qui, d'après nous, règle le phénomène, doit présenter dans le lot des variations dont nous ne sommes pas maîtres.

Dans nos expériences nous avons donc noté trois types tératologiques bien évolués que nous allons décrire, le premier correspond à l'ablation des deux cotylédons, les deux autres à l'ablation d'un seul.

Type I. Ce type est présenté par le Chou-fleur et correspond à une période végétative totale de trente-cinq jours ; il est décrit vingt-cinq jours après l'ablation des deux cotylédons (fig 1).

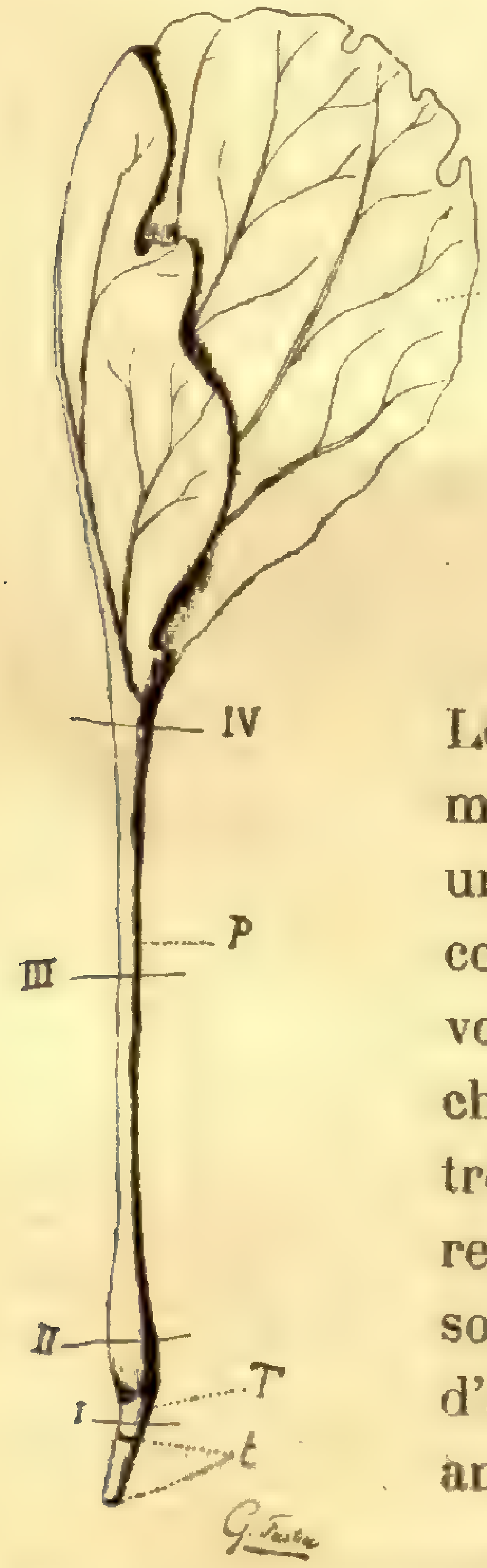


Fig. 1. — Aspect général de la forme tératologique n° I (Chou-fleur).

La radicule bien développée est surmontée d'une courte tigelle *t* longue d'environ 5 mm ; presque immédiatement audessus nous trouvons un organe pédonculaire *P*, faisant suite à une courte tige *T* et présentant à sa base un renflement d'environ 1 cent. de long. *P* mesure à peu près 7 cent. et se termine par un limbe obovale *A*, presque suborbiculaire de 8 cent. sur 7 cent. et fortement concave. Les nervures de ce limbe sont plus épaisses, moins nombreuses et se détachent de la côte sous un angle plus aigu que chez une feuille normale correspondante ; de plus l'organe pédonculaire au voisinage du limbe, au lieu d'être plein comme chez une feuille ordinaire, présente une cavité très nette et l'on peut déjà présumer que *P* représente plutôt une gaine dont les deux bords se sont soudés qu'un véritable pétiole. Nous allons d'ailleurs nous en rendre mieux compte par l'étude anatomique.

Si nous pratiquons une coupe au-dessous de la partie renflée en I et un peu au-dessus de l'insertion des cotylédons, nous observons une structure de tige assez différenciée (fig. 2,1) ; les formations primaires montrent pour le bois trois points principaux de convergence des pôles ligneux, entourés d'abondantes cellules périmédullaires non lignifiées. Les formations secondaires libéroligneuses sont représentées par un anneau relativement mince de liber entourant un bois abondant, complètement

lignifié à l'exception de larges rayons médullaires qui aboutissent à une moelle réduite ; enfin le péricycle présente de petits amas ou des arcs courts de cellules sclérifiées correspondant aux îlots libériens primaires devenus collenchymateux dans leur partie externe.

La région *T* représente donc une portion de la tige issue de la

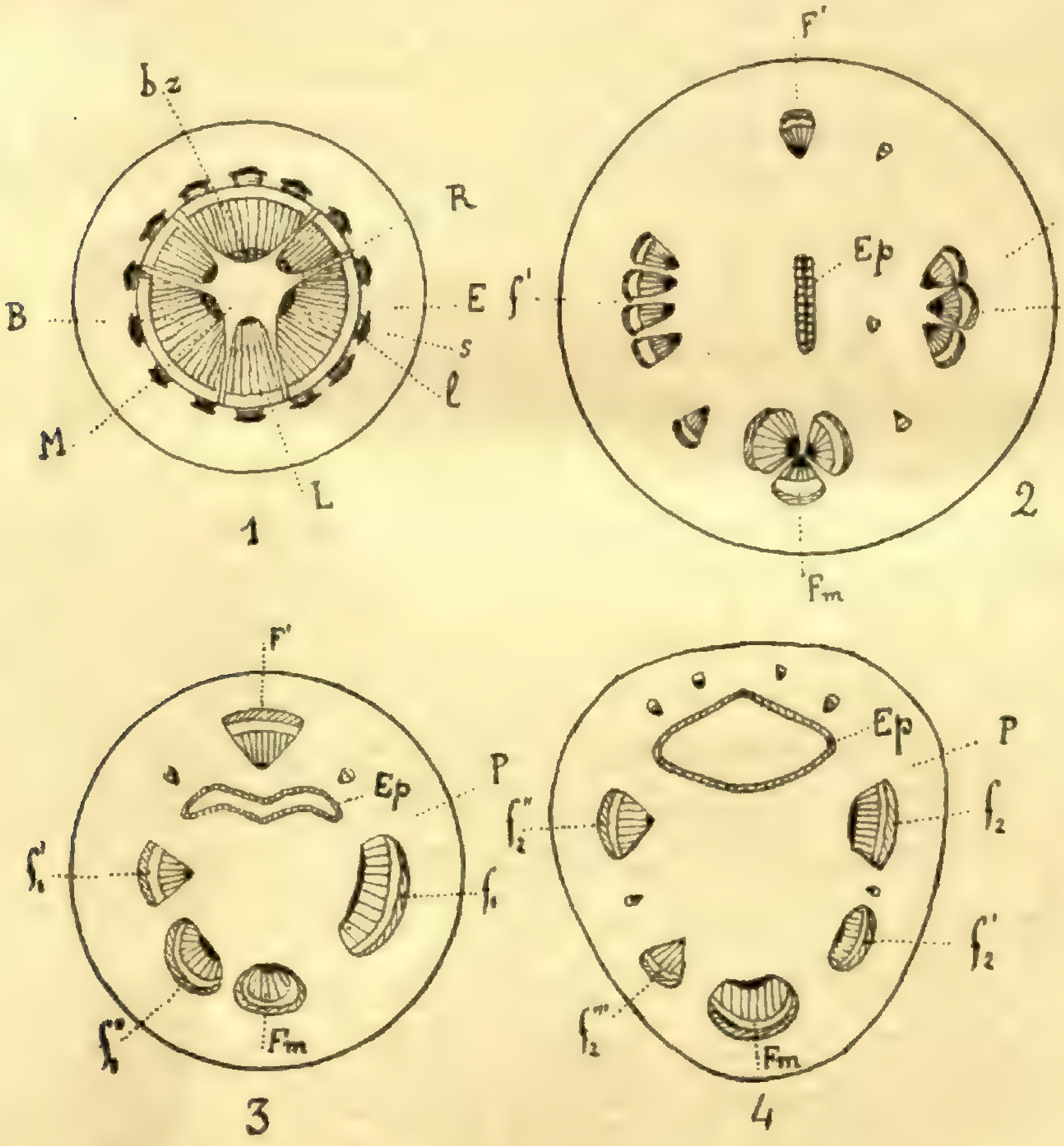


Fig. 2. — Sections transversales successives dans l'axe de la forme I.

1. Coupe I. *E*, écorce ; *s*, sclérenchyme péricyclique; *l*, liber primaire ; *L*, liber secondaire ; *B*, bois secondaire; *bz*, pointes du bois primaire et cellules périmédullaires ; *R*, rayons médullaires ; *M*, moelle.

2. Coupe II. *Ep*, épiderme inférieur de la gaine : *P*, parenchyme général; *Fm*, cordon médian dorsal; *F'*, cordon médian ventral; *f*, *f'*, cordons latéraux.

3. Coupe III. f_1, f'_1, f''_1, cordons latéraux.

4. Coupe IV. f_2, f'_2, f''_2, f'''_2, cordons latéraux.

gemmule et se distinguant d'une tige normale de la même plante par la réduction de la moelle, le groupement en certains points des pointes primaires et le plus grand développement des rayons médullaires.

Une coupe pratiquée en II dans la région renflée de l'organe

pédonculaire (Fig. 2, 2) nous offre un aspect bien différent ; il n'y a plus ici aucune apparence de tige, nous avons affaire à une gaine foliaire, dont les bords se sont soudés de manière à embrasser une circonférence complète ; au centre nous n'observons aucune cavité, mais simplement deux rangées de cellules épidermiques *Ep*, correspondant aux deux moitiés de la gaine, accolées mais non soudées et dépourvues de cuticule.

Le système libéro-ligneux se compose d'un gros cordon dorsal *Fm* fermé sur lui-même et composé de trois faisceaux multipolaires, de deux cordons latéraux ouverts *f*, *f'* et formés de la réunion de plusieurs fascicules, enfin d'un faisceau ventral *F'* et de quelques petits fascicules intermédiaires entre les précédents ; dans tous ces faisceaux, noyés dans un parenchyme général *P*, nous devons noter d'abondantes formations secondaires dont les vaisseaux seuls sont lignifiés ; le liber primaire est fortement collenchymateux et n'est protégé extérieurement par aucun élément sclérifié dans la région péricyclique.

La coupe n° III (fig. 2, 3) menée vers le milieu de l'organe *P* montre la cavité interne de la gaine, excentrique et limitée par un épiderme *Ep* cutinisé ; le système libéro-ligneux comprend à ce niveau un cordon dorsal *Fm* plus réduit, trois cordons latéraux *f*, *f'*, *f''*, et un cordon ventral *F'* assez important ; tous sont ouverts, multipolaires, constitués surtout par des formations secondaires, avec liber primaire collenchymateux et sans éléments sclérifiés dans la région péricyclique.

Enfin la coupe IV, pratiquée un peu au-dessous du limbe, nous offre une cavité plus grande, plus excentrique, un système libéro-ligneux assez semblable au précédent, sauf que le cordon ventral a disparu et se trouve remplacé par quelques petits fascicules, la gaine n'étant plus fermée dans cette région que par une bande assez étroite de parenchyme (fig. 2, 4).

Dans ce cas, nous voyons donc que l'organe pédonculaire est comparable d'un bout à l'autre à une gaine foliaire dont les bords se seraient soudés. Cette formation peut s'expliquer simplement de la manière suivante : L'ablation des deux cotylédons produit un affaiblissement considérable de la gemmule dont la croissance est vite arrêtée, de telle sorte qu'il ne se forme qu'un segment très court de tige *T*, avec une différenciation réduite par rapport à une tige nor-

male ; avant d'avorter la gemmule donne naissance à une feuille très fortement engainante et qui contribue à l'étouffer en l'entourant complètement ; les bords de la gaine, n'étant pas écartés par la croissance de la tige, restent en contact et se soudent de manière à former l'organe pédonculaire, qui, quoique plein dans sa partie inférieure, n'est pas un véritable pétiole et s'épanouit à sa partie supérieure en un limbe très développé et esquissant nettement la forme en cornet.

Type II. Ce type est également présenté par le Chou-fleur, après ablation d'un seul des cotylédons et dans les conditions indiquées précédemment (Fig. 3).

La radicule est surmontée d'une courte tigelle au sommet de laquelle s'insère le seul cotylédon conservé Co ; puis nous trouvons un entrenœud très court (4 mm) T, terminé par une feuille engaînante F, à limbe obovale et plan, de contour assez irrégulier ; immédiatement au-dessus, s'insère un organe pédonculaire, long de 6 centimètres, légèrement renflé à sa base, à peu près cylindrique vers sa partie médiane, aplati et creusé de deux sillons latéraux très marqués dans sa région supérieure et s'épanouissant enfin en une véritable ascidie, à cavité profonde, dont le bord dorsal est plus élevé que l'autre ; cette ascidie est parcourue en avant et en arrière, suivant deux génératrices opposées, par deux nervures principales presque également développées et qui font suite aux cordons pédonculaires qu'isolent les sillons latéraux.

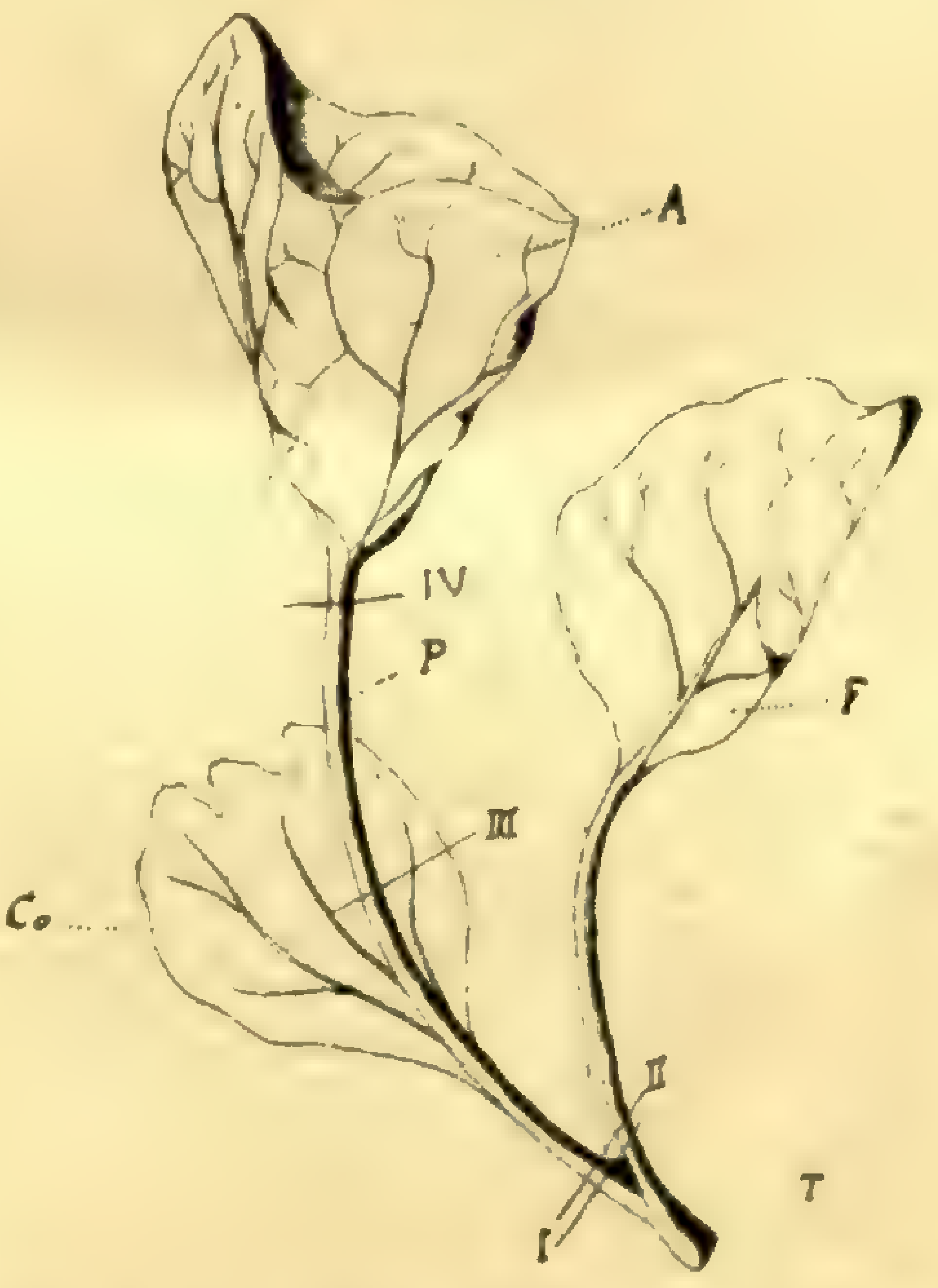


Fig. 3. — Aspect général de la forme tératologique n° II (Chou-fleur).

Une coupe pratiquée dans la région T nous montre une structure de tige tout à fait normale ; au diamètre plus grand de la moelle, à la répartition régulière des pointes primaires autour de celle-ci, à la différenciation des formations secondaires libéro-ligneuses et du

sclérenchyme péricyclique, on reconnaît un développement plus vigoureux de la gemmule que dans le cas précédent ; ce développement a cependant été fort limité comme nous pouvons nous en rendre compte en examinant une coupe I menée à la base de l'organe pédonculaire (fig. 4, 1). Nous y observons encore une structure de

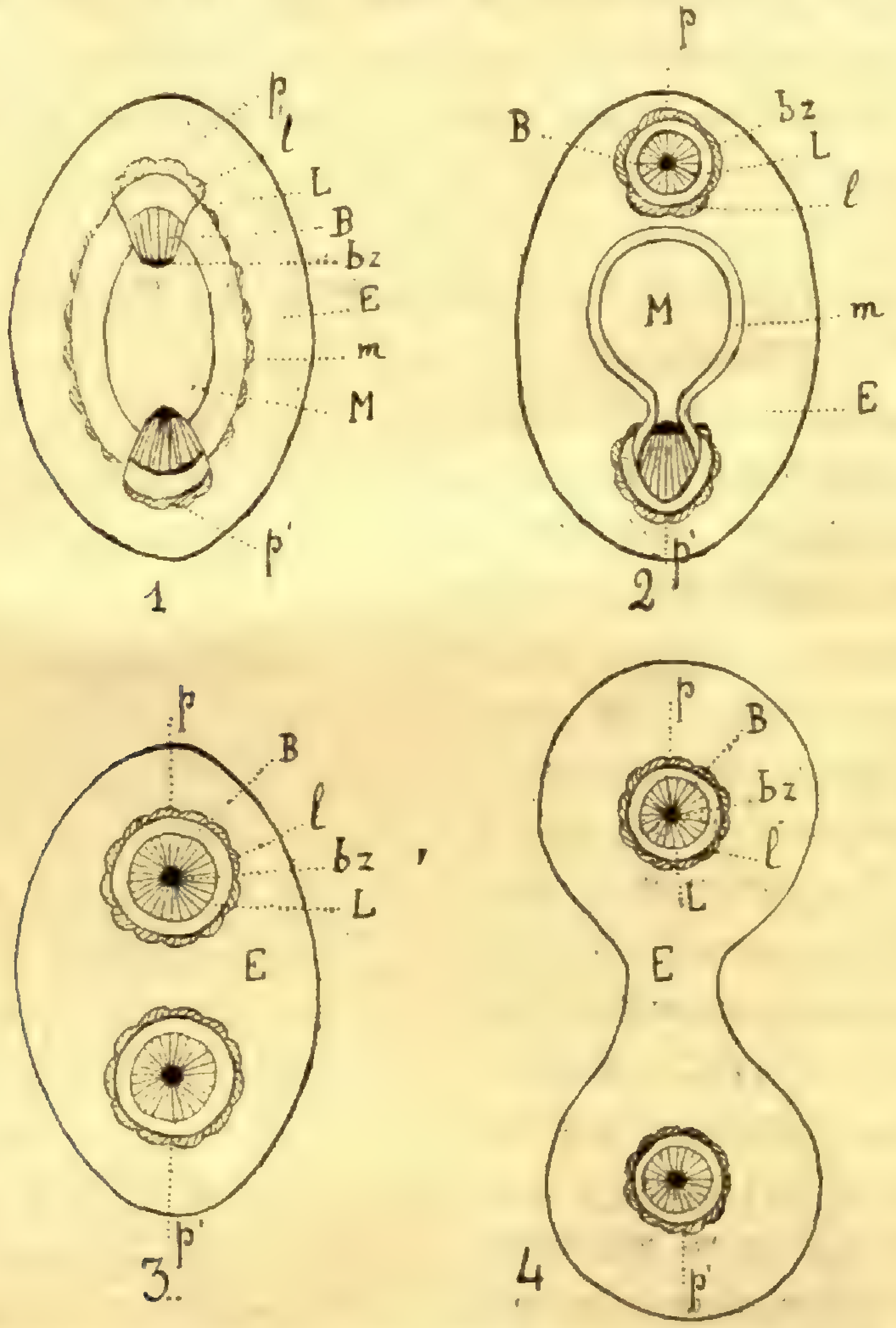


Fig. 4. — Sections transversales successives dans l'axe de la forme II.
1. Coupe I. *E*, écorce ; *p*, *p'*, pôles de différenciation du cylindre central ; *l*, liber primaire ; *bz*, bois primaire et cellules périmédullaires ; *m*, méristème secondaire indifférencié ; *L*, liber secondaire ; *B*, bois secondaire, *M*, moelle.
2. Coupe II ; 3. Coupe III ; 4. Coupe IV.

tige, mais avec une différenciation fort peu accentuée ; les formations libéro-ligneuses primaires sont principalement localisées en deux pôles opposés *p*, *p'* occupant les extrémités du plus grand diamètre de la section du cylindre central ; entre ces pôles, on observe bien des paquets libériens primaires, mais les vaisseaux du bois ne se sont pas différenciés ; le cambium est aussi à l'état de

méristème sauf dans les régions p et p' où l'on observe une certaine épaisseur de liber secondaire et surtout de bois secondaire dont les vaisseaux seuls sont lignifiés ; enfin le péricycle ne présente aucun élément sclérifié.

Si nous pratiquons une coupe II légèrement plus haut (fig. 4, 2), nous voyons un cylindre central beaucoup plus restreint, de contour circulaire indiqué par quelques assises de cambium indifférenciées : un des faisceaux libéro-ligneux polaires p s'est complètement détaché de la stèle et l'autre faisceau p' n'y est plus rattaché que par un isthme étroit ; le faisceau p a pris une forme complètement fermée et circulaire ; nous y distinguons à la périphérie du liber primaire en grande partie collenchymateux, au-dessous une couche relativement mince de liber secondaire recouvrant un bois secondaire abondant, dont les vaisseaux seuls sont lignifiés ; enfin au centre quelques vaisseaux primaires dans un tissu formé de petites cellules périmédullaires ; quant au faisceau p' il offre un aspect assez analogue sauf qu'il n'est pas tout à fait fermé.

En comparant cette coupe avec celle que l'on obtient en sectionnant transversalement une tige normale au point d'insertion réel d'une feuille, on se rend compte que le faisceau p est l'homologue du faisceau dorsal d'un pétiole ; on doit donc considérer que la gemmule donne avant de s'atrophier, après avoir produit la feuille normale F, deux feuilles se détachant à un court intervalle et représentées l'une par le faisceau p l'autre par le faisceau p' qui s'isole un peu plus haut ; ces deux pétioles se soudent d'ailleurs pour donner l'organe pédonculaire qui est parcouru dans toute sa longueur par les deux seules méristèles circulaires, le système libéro-ligneux de chaque pétiole se réduisant d'une manière absolue à l'une de ces méristèles.

En effet, une coupe transversale obtenue plus haut, en III par exemple, nous montre un parenchyme général où sont placées symétriquement les deux méristèles p et p', sans qu'on puisse trouver la moindre trace de la gemmule (fig. 4, 3).

Enfin, vers son tiers supérieur, l'organe pédonculaire s'étrangle en son milieu, en même temps que les cordons vasculaires diminuent de diamètre et se préparent à fournir l'un la nervure dorsale de l'ascidie, l'autre la nervure ventrale (fig. 4, 4) ; l'ascidie doit donc être regardée ici comme formée par la concrescence de deux limbes foliaires bord à bord.

En résumé, dans ce deuxième cas, l'organe pédonculaire résulte d'un bout à l'autre de la concrescence de deux pétioles qui se sont soudés par leur parenchyme cortical et tendent simplement à s'isoler vers leur partie supérieure.

Le système libéro-ligneux de ces pétioles est aussi réduit que possible et ne comporte que le faisceau médian d'un pétiole normal ; ces faisceaux prennent un aspect particulier en se transformant en une sorte de stèle jusqu'à leur entrée dans le limbe de l'ascidie ; ils sont pourvus de formations secondaires très abondantes qui compensent la réduction du nombre des faisceaux.

Ces faits sont faciles à expliquer ; l'ablation d'un seul cotylédon produit un affaiblissement accentué de la gemmule, moindre cependant que dans le premier cas ; celle-ci parvient à différencier une feuille normale, dont elle écarte cette fois les bords de la gaine, et, continuant quelque peu sa croissance, elle détache presque au même niveau deux autres feuilles qui se soudent complètement par leurs pétioles et contribuent par cela même à entraver son développement ; la soudure de ces deux feuilles s'étend même à leurs limbes qui produisent ainsi une véritable ascidie.

Type III. Ce type est présenté par le Chou-Milan, après ablation d'un seul des cotylédons et dans les conditions indiquées précédemment (Fig. 5).

La radicule est surmontée d'une tigelle t de 5 mm, à l'extrémité de laquelle s'insère le seul cotylédon conservé Co, puis vient un entre-nœud T plus allongé que dans le cas précédent et fourni par la gemmule, à la suite duquel nous trouvons, séparées par des entre-nœuds très courts, deux feuilles F et F', plus longuement pétiolées que les feuilles normales, à limbe elliptique, oblong, ondulé sur les bords, parcouru par des nervures assez épaisses et se détachant sous un angle très aigu de la côte ; enfin l'échantillon se termine par un organe pédonculaire P portant un limbe en forme de cornet A muni d'une seule nervure principale. P se soude d'ailleurs superficiellement à la base avec la feuille F' sous-jacente, mais la concrescence est peu accentuée.

La coupe de la région T représente une section de tige très normale, avec large moelle, nombreuses pointes de bois primaire régulièrement réparties autour de celle-ci, liber et bois secondaires

bien développés (le bois étant complètement lignifié), liber primaire collenchymateux dans sa région externe, péricycle fortement sclérifié au dos du liber primaire ; le développement de la gemmule a donc été tout d'abord normal avec différenciation complète des tissus.

Dans le deuxième entre-nœud, compris entre les feuilles F et F', la différenciation de la tige diminue considérablement ; les pôles ligneux primaires s'accumulent en certains points, les formations secondaires ne sont qu'esquissées, et le bois n'y présente qu'un petit nombre de vaisseaux lignifiés, enfin le péricycle ne renferme que très peu d'éléments sclérifiés.

Dès la base de l'organe pédonculaire, la gemmule s'atrophie et disparaît, et une coupe pratiquée au niveau I (fig. 6, 1) nous montre un parenchyme général *P*, dans lequel plongent trois cordons libéro-ligneux, un cordon dorsal *F* formé de deux groupes de 3 faisceaux et deux cordons latéraux F_1, F_2 multifasciculés dont l'un est encore ouvert et l'autre fermé ; tous ces cordons présentent du liber primaire fortement collenchymateux et des formations secondaires abondantes, avec les seuls vaisseaux du bois comme éléments lignifiés. Ce système vasculaire est issu d'un même pôle du cylindre central gemmulaire et doit être considéré par conséquent comme appartenant à une même feuille ; les faisceaux qui le composent sont, comme dans les cas précédents, constitués par un ensemble de formations primaires et secondaires, et présentent du côté de leur pointe de

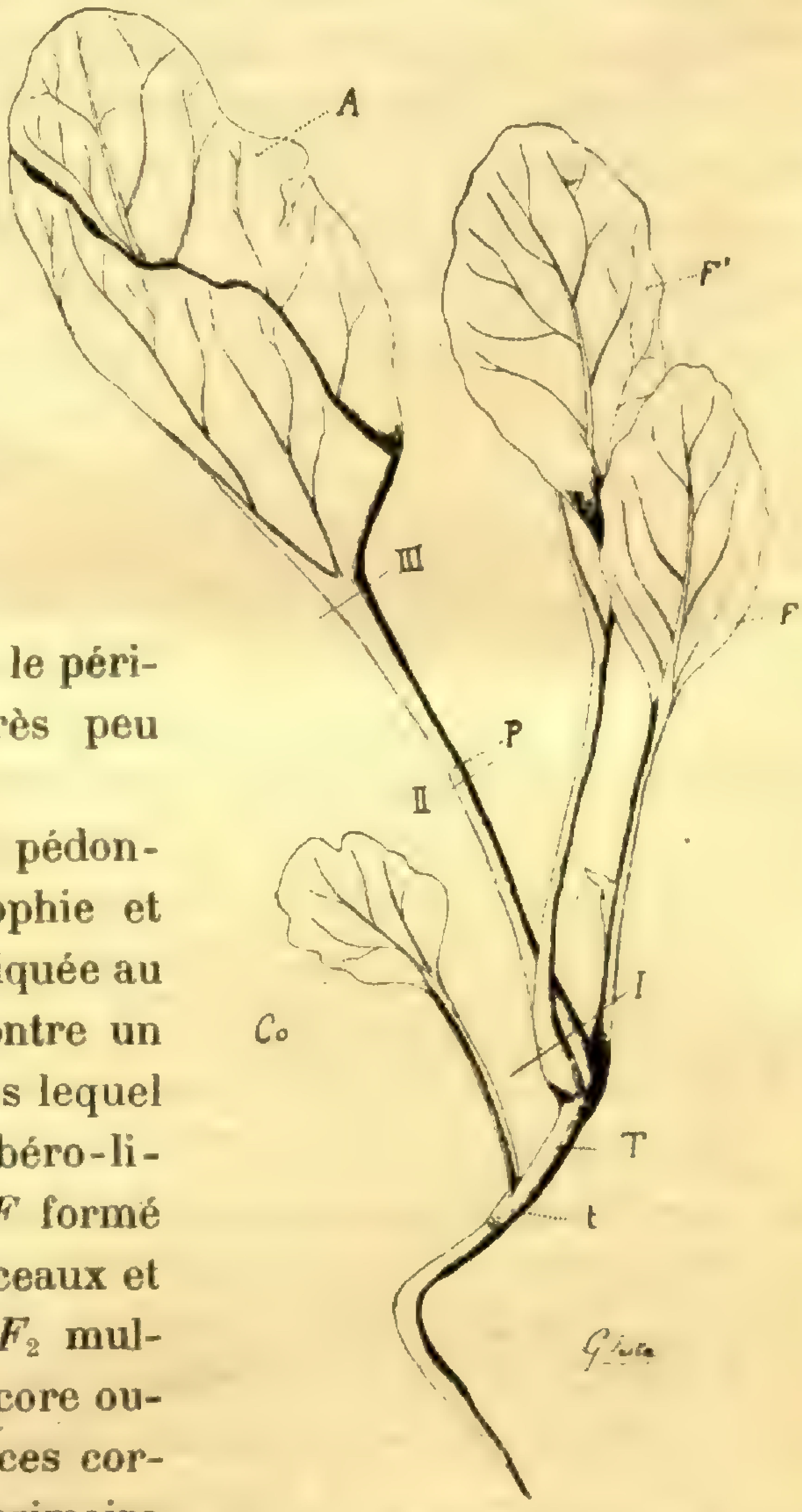


Fig. 5. — Aspect général de la forme tératologique n° III (Chou-Milan).

nombreuses petites cellules périmédullaires qui remplissent l'intérieur de la pseudo-stèle, lorsqu'il se forme des groupements fermés.

La coupe II, pratiquée vers le milieu de l'organe pédonculaire, nous montre une structure plus symétrique ; à l'intérieur d'un parenchyme général, nous trouvons en effet 3 cordons vasculaires fermés sur eux-mêmes et constitués chacun de 4 faisceaux complexes, l'un est médian et correspond à l'ensemble *F* de la coupe précédente, les deux autres sont latéraux et sont la prolongation directe de F_1 et F_2 (fig. 6, 2).

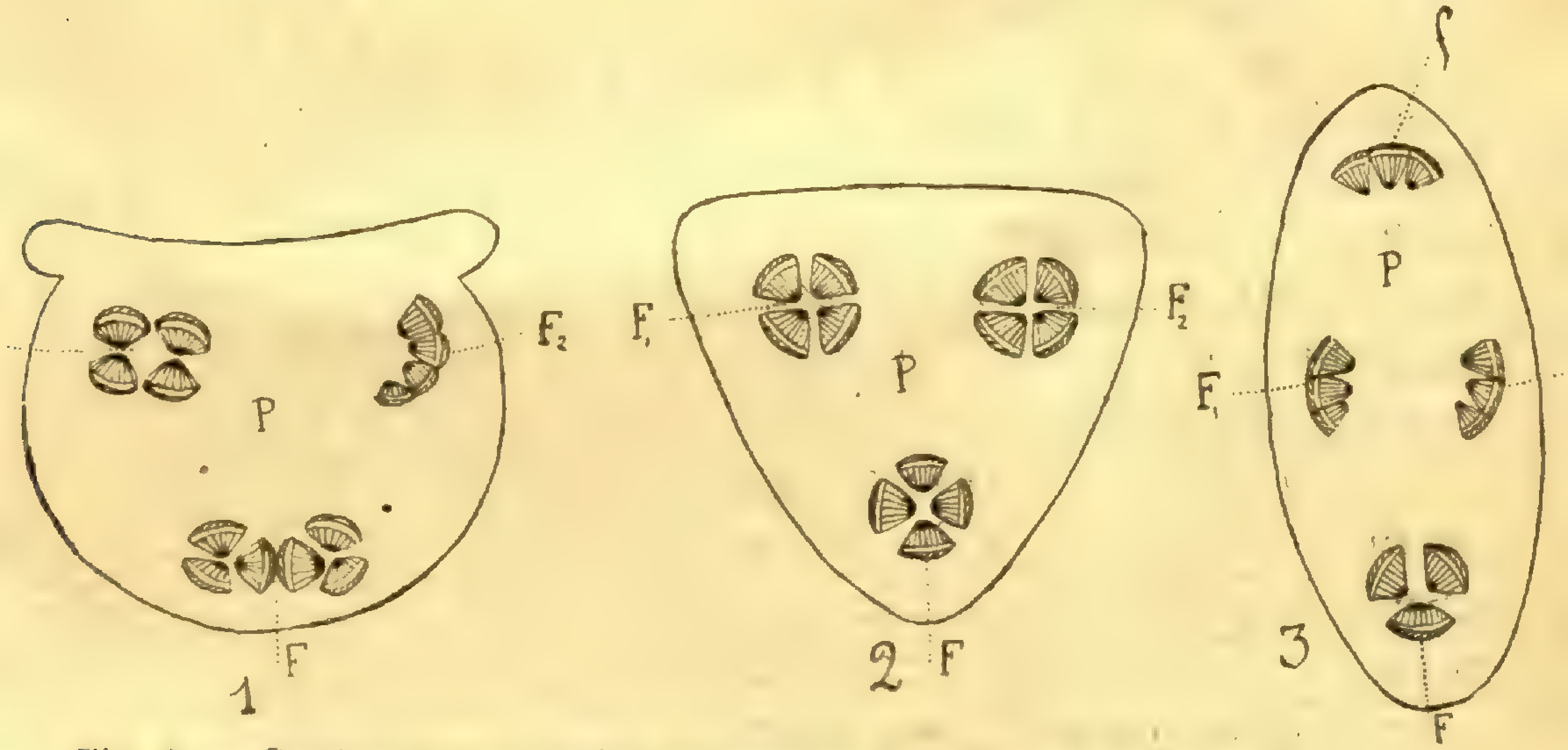


Fig. 6. — Sections transversales successives dans l'axe de la forme III.
1. Coupe I ; 2. Coupe II ; 3. Coupe III.
P, parenchyme général ; *F*, cordon libéro-ligneux dorsal ; F_1, F_2, cordons libéro-ligneux latéraux ; *f*, cordon libéroligneux ventral formé aux dépens de F_1 et F_2.

Enfin une coupe III, menée un peu au-dessous du limbe, affecte une forme allongée témoignant de l'aplatissement de l'organe pédonculaire ; le cordon vasculaire médian *F* a conservé son aspect primitif tout en se réduisant à 3 faisceaux complexes ; quant aux cordons latéraux F_1, F_2, ils se sont ouverts et ont constitué en outre un cordon ventral *f*, opposé à *F*, qui peu après va disparaître en donnant naissance aux deux premières grosses nervures secondaires du limbe ; de telle sorte que la côte de celui-ci ne présente plus que les trois cordons *F*, F_1 et F_2 (fig. 6, 3). Tous les faisceaux constituants de ces différents cordons sont remarquables par le développement des formations secondaires libéro-ligneuses, que l'on peut encore observer fort loin à l'intérieur de la nervure principale de l'ascidie.

En résumé, dans ce dernier cas, l'organe pédonculaire résulte de la modification d'un pétiole unique ; il y a réduction dans le nombre des cordons libéro-ligneux, mais chacun d'eux est beaucoup plus développé et présente des formations secondaires abondantes. Chez le Chou-Milan, la gemmule présente une vitalité plus grande que chez le Chou-fleur et résiste mieux, comme l'ont prouvé nos expériences, à l'ablation de l'un ou même des deux cotylédons ; dans l'exemple que nous venons de décrire, elle développe un entre-nœud assez allongé et dont les tissus sont bien différenciés, puis le ralentissement de sa végétation se fait immédiatement sentir, le deuxième entre-nœud séparant les feuilles F et F′ est très court, mal différencié et la gemmule avorte bientôt au-dessus après avoir fourni les cordons vasculaires de la dernière feuille. Celle-ci prend l'aspect général des organes terminaux que nous avons décrits chez les exemples précédents ; mais, l'on pourrait évidemment s'attendre à retrouver la même structure de l'organe pédonculaire que dans le type I ; en réalité, il n'en est rien, puisque, dans le premier cas, nous avons montré que cet organe avait la valeur d'une gaine fermée sur elle-même, tandis qu'ici il est en tout comparable à un pétiole.

Peut-être faut-il rapporter cette différence à un affaiblissement plus considérable de la gemmule chez le troisième type, au niveau où prend naissance l'organe terminal, c'est-à-dire apres l'émission de deux feuilles normalement développées, tandis que cet organe est la seule production de la gemmule dans le premier cas ; ce qui différencie en effet surtout une gaine d'un pétiole, c'est l'abondance et le morcellement des cordons vasculaires, et l'on comprend qu'un bourgeon affaibli se comporte à cet égard d'une façon différente d'un bourgeon plus vigoureux.

En résumé, nous voyons que c'est l'affaiblissement de la gemmule qui est le point de départ des formations tératologiques que nous venons d'étudier.

Chez le Chou-fleur, après ablation des deux cotylédons, cet affaiblissement peut devenir tel que la plantule ne produit qu'une seule feuille terminale dont la gaine, qui ne subit plus la poussée gemmulaire, se ferme complètement sur elle-même, soude ses bords et donne le pédoncule de l'ascidie.

L'ablation d'un seul cotylédon chez la même plante permet à la gemmule de différencier assez profondément un segment de tige, de pousser ensuite une feuille normale, puis enfin de produire deux feuilles terminales dont les pétioles, réduits chacun comme éléments vasculaires à un seul cordon, se soudent entre eux pour produire le pédoncule.

Enfin, chez le Chou-Milan, la gemmule se montre plus vigoureuse; dans certains cas, après ablation d'un cotylédon, elle peut encore produire un segment assez allongé de tige normalement différenciée, puis deux feuilles bien développées, puis enfin épuisée par le départ de celles-ci, un organe terminal dont le pédoncule est comparable à un pétiole, muni d'un nombre restreint de cordons vasculaires.

NOTE

SUR LA

VÉGÉTATION DE L'*OXALIS CERNUA* THUNB. EN ALGÉRIE

par M. L. DUCELLIER

Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Maison-Carrée (Alger).

L'Oxalis cernua Thunb., originaire du Cap de Bonne-Espérance, est commun en Algérie dans quelques endroits cultivés, dans les orangeries par exemple, où il forme pendant l'hiver des peuplements assez étendus, remarquables par leur régularité. Ces peuplements, avant la floraison de *l'Oxalis*, ont un aspect particulier rappelant beaucoup celui que présente un champ de trèfle au printemps ; ils se parent ensuite de milliers de fleurs jaunes.

Quoique l'*Oxalis cernua* ne soit pas introduit depuis bien longtemps dans le Nord de l'Afrique (1) il s'est néanmoins propagé rapidement dans cette contrée, à tel point que les cultivateurs redoutent sa présence dans les jardins et vergers. Ce n'est pas seulement dans le Nord de l'Afrique qu'existe l'Oxalis penchée, on la trouve aujourd'hui en Espagne (2), en France, en Italie, en Grèce et en Asie mineure, dans les îles Canaries et Madère. C'est au voisinage de la mer principalement qu'on l'observe, dans les lieux où les gelées se font peu sentir : vallées et plaines, où elle paraît parfaitement adaptée.

(1). Munby. *Flore d'Algérie* (Paris, 1847).

(2). G. Bonnier. *Flore complète illustrée de la France...* (Paris, 1913).

La vie de cette plante présente quelques particularités fort intéressantes. Nous allons résumer ci-dessous les observations que nous avons faites sur la végétation de l'*Oxalis* aux environs de Maison-Carrée.

En Algérie, l'*Oxalis cernua* se multiplie surtout par des bulbilles (fig. 1) qui se développent sur la partie souterraine de sa tige en général ; il produit également des graines, mais en très petite quantité. Nous examinerons plus particulièrement dans ce Mémoire la multiplication de l'*Oxalis* par bulbilles.

Fig. 1. — Coupe d'une bulbille d'*Oxalis cernua*.

Les bulbilles de l'*Oxalis cernua* sont des sortes de petits cônes arrondis à la base, formés par une série d'écailles blanches insérées sur un mince plateau et emboîtées les unes dans les autres autour d'un très petit bourgeon ; ces écailles, de taille décroissante en allant vers le centre de la bulbille, sont recouvertes par deux ou trois autres écailles brunes, épaissies au milieu longitudinalement, formant une enveloppe protectrice assez résistante.

On trouve des bulbilles de toutes dimensions, les plus grosses mesurant jusqu'à 30 mill. de longueur sur 10 à 12 mill. de largeur quand la plante mère a vécu dans un milieu riche, terre de jardin par exemple. Ces grosses bulbilles pèsent alors jusqu'à 2 grammes et même 2gr,5 à maturité.

Les écailles qui constituent les bulbilles de l'*Oxalis cernua* renferment dans leurs cellules d'importantes réserves amylacées qui disparaissent à mesure que la tige se développe.

La germination des bulbilles commence en Algérie dès que la terre est un peu humectée par les premières pluies ; il faut en effet, à ces organes, très peu d'eau pour qu'ils émettent une tige et des racines comme en témoigne le fait suivant, observé aussi chez d'autres végétaux se reproduisant par bulbes. Des bulbilles d'*Oxalis cernua* déterrées à leur maturité à la fin du mois de mars, se sont conservées intactes à l'ombre, dans un lieu sec, sans perte de poids appréciable (à peine 1 décigr. pour les bulbilles les plus grosses), jusqu'à la fin du mois d'octobre, c'est-à-dire pendant plus de sept

mois. Au bout de ce laps de temps, elles ont donné, sans être changées de place, des racines courtes et des tiges (1).

Fig. 2. — Germination d'une bulbille.

C'est vers la fin de septembre, en octobre, plus généralement, sous l'action de l'humidité, que cesse la vie ralentie des bulbilles. A cette époque, on voit sortir par leur pointe une tige grêle, de moins d'un millimètre de diamètre parfois, qui s'allonge rapidement en s'épaisissant progressivement jusqu'au niveau du sol où elle peut atteindre 6 à 8 mill. d'épaisseur. Le bourgeon qui la termine s'épanouit et donne, en peu de jours, une rosette de feuilles trifoliolées appliquées sur le sol (fig. 2 et 3).

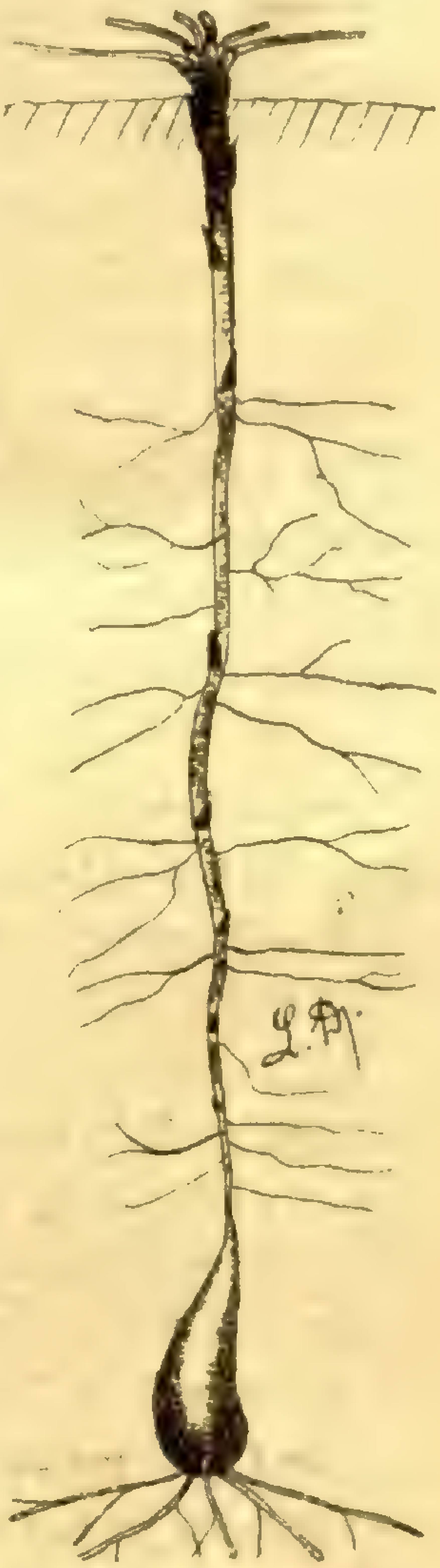


Fig. 3. — Première phase du développement d'un *Oxalis cernua*.

La tige ou rhizome de l'*Oxalis cernua* est verticale ; elle porte de nombreuses racines presque horizontales et des écailles alternes abritant un minuscule bourgeon qui donnera plus tard une bulbille. En même temps apparaissent à la base des bulbilles, autour du petit plateau, entre les écailles inférieures, des racines plus puissantes que celles qui se développent sur le rhizome ; ces racines s'enfoncent obliquement dans le sol à une distance variable suivant la dureté, la richesse, etc. du terrain. La longueur de la tige varie évidemment selon la profondeur à laquelle se trouvait la bulbille qui lui a donné naissance ; elle ne paraît pas dépasser 25 à 30 centim. même dans les lieux pro-

(1) Il y a lieu de remarquer combien l'été dernier fut sec et chaud en Algérie ; la moyenne des températures minima et maxima observées à l'École d'Agriculture de Maison-Carrée, située à 2 kilom. de la mer pendant le mois d'août, le plus chaud, ont été de 18° et 34° avec extrêmes atteignant 44°. En outre, il n'est pas tombé de pluie profitable aux végétaux depuis le mois de mai (8 mm. pendant ce dernier mois) aux environs d'Alger jusqu'à ce jour (24 octobre 1913).

fondément ameublis ; elle mesure habituellement 10 à 15 centim. sauf cependant dans les terrains incultes et durs où elle peut être très courte.

L'an dernier, dès la mi-octobre, toutes les bulbilles étaient pourvues d'une tige et de racines aux environs d'Alger, grâce aux précipitations atmosphériques commencées le 22 septembre 1912 ; précipitations qui avaient rendu la terre humide sur une épaisseur dépassant 50 centim. (15 °/₀ d'eau en moyenne). La température élevée du mois d'octobre (14°, moyenne des minima et 26° 5, moyenne des maxima) activait évidemment l'évolution de l'*Oxalis*.

Au commencement du mois de novembre 1912, les *Oxalis* présentaient (fig. 3) :

1° Au niveau du sol : *un ou deux bourgeons entourés de feuilles.*

2° Dans le sol : *un rhizome vertical pourvu d'écailles recouvrant des bourgeons et des racines ; une bulbille dont le plateau est muni d'une couronne de racinés.*

C'est la première phase de la vie de l'*Oxalis cernua* Thunb. en Algérie.

Les conditions climatériques de l'automne 1912 ont été des plus favorables à l'Oxalis penchée qui n'a pas cessé de pousser durant toute cette saison, si bien que ses belles fleurs jaunes apparaissaient sur quelques touffes dès la fin du mois de décembre.

L'*Oxalis* profite rapidement de l'humidité du sol, comme toutes les plantes dont le système radiculaire se développe dans la couche superficielle de la terre. Pour se rendre compte de ce fait, il suffit de creuser avec soin dans un peuplement d'*Oxalis*, vers la mi-novembre par exemple ; on est frappé de trouver, immédiatement au-dessous de la bulbille, un « *tubercule* » provenant de la tubérisation de l'une des racines insérées autour du plateau (fig. 4).

Certains de ces tubercules mesurent jusqu'à 35 et 40 centimètres de longueur sur 12 à 15 mm. d'épaisseur quelquefois, lorsque l'*Oxalis* pousse dans des terres meubles et fertiles : vignes, vergers. On peut trouver des plantes ayant deux tubercules ou plus, mais ce cas est assez rare en Algérie, sauf cependant dans les lieux où l'*Oxalis cernua* Thunb. peut être exposé aux risques dûs aux travaux de culture ; son rhizome peut être en effet brisé, froissé, séparé (presque toujours) des tubercules, de la bulbille, etc., par la charrue

ou tout autre instrument aratoire. Dans ces conditions, l'*Oxalis* résiste ; sur les fragments de rhizome apparaissent des bourgeons, quelques racines se gonflent à nouveau, même celles qui se trouvent sur le rhizome et deviennent des tubercules.

Les tubercules de l'*Oxalis cernua* peuvent être comparés à un petit salsifis très allongé ; ils sont transparents et l'on peut voir facilement dans leur centre, les faisceaux libéro-ligneux de la racine

Fig. 4. — Tubercule d'*Oxalis cernua* (Position qu'il occupe dans le sol).

qui leur a donné naissance, former une ligne blanche qui les parcourt longitudinalement.

La tubérisation des racines insérées sur le pourtour du plateau de la bulbille commence peu après l'apparition des feuilles.

Les tubercules de l'Oxalis penchée sont très aqueux, tendres et cassants. Leur saveur est sucrée. Il n'est pas douteux que ce tubercule gorgé d'eau (il en contient jusqu'à 90 °/₀ de son poids), constitue un réservoir d'où la plante tirera plus tard une partie des matériaux nécessaires à l'édification de ses bulbilles ou de ses fruits.

Nous signalerons en passant la disproportion existant entre la partie de la tige voisine du tubercule et ce dernier, elle est parfois dans le rapport de 1 à 20 ; certains tubercules atteignent en effet plus de 15 mill. de diamètre dans les terres fertiles, alors que la partie inférieure de la tige logée dans la bulbille ne mesure pas plus d'un demi-mill. Cette particularité fait que la tige se sépare du

tubercule avec la plus grande facilité, à la moindre traction exercée sur elle. On peut arracher la tige sans soupçonner la présence d'aussi volumineux tubercules. Ces tubercules ne font l'objet d'aucune mention dans les ouvrages spéciaux que nous avons pu consulter à ce sujet.

Une plante d'*Oxalis cernua* peut être représentée à la deuxième phase de son existence de la manière suivante :

Tiges, feuilles et fleurs
↑
Bulbille
↓
Racines et tubercules.

L'*Oxalis* végète pendant l'hiver en Algérie et, si l'on suit cons-

a b c

Fig. 5, 6 et 7. — Différents états des tubercules et des bulbilles d'*Oxalis cernua*.
a. Tubercule commençant à se résorber, apparition de la bulbille ;
b. Tubercule à demi résorbé, bulbille à demi développement.
c. Tubercule résorbé, bulbille entièrement développée.

tamment son évolution, on voit apparaître au-dessous de la bulbille, tout près du sommet du tubercule, un bourgeon presque impercep-

tible d'abord, mais qui ne tarde pas à se gonfler, à grossir rapidement ; c'est une *bulbille nouvelle* qui peut acquérir les dimensions

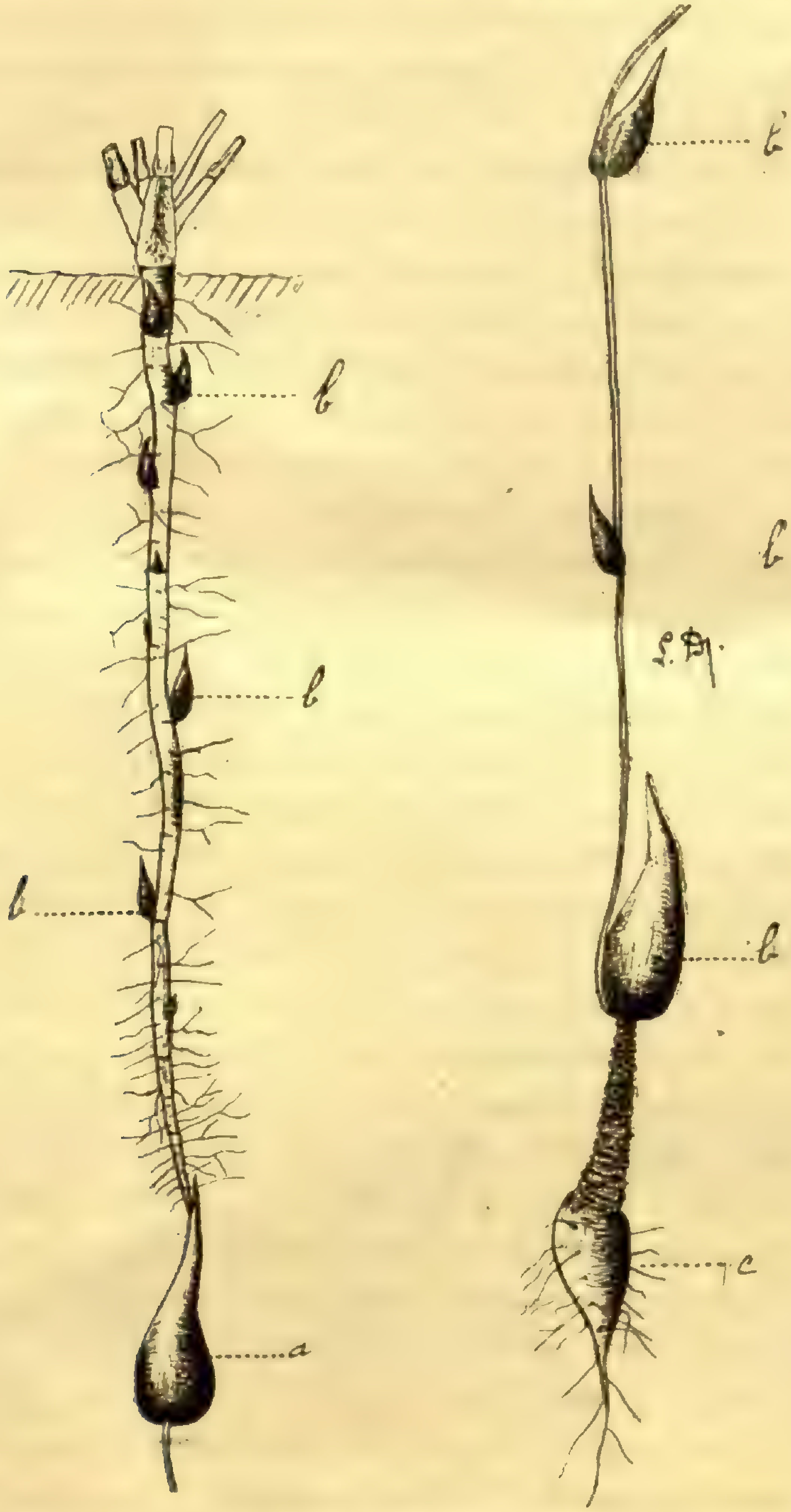


Fig. 8. — Etat d'un *Oxalis* vers la fin de son évolution ; a, bulbille ancienne ; b, bulbilles nouvelles ; c, tubercule.

indiquées plus haut. A mesure que cette bulbille croît, le tubercule se vide, se ride progressivement et disparait en peu de temps, laissant

à sa place un petit corps noirâtre, ratatiné, disparaissant également dans le courant de l'année.

Le tubercule de l'*Oxalis* est éphémère, il se développe et se résorbe en peu de temps, deux ou trois mois en Algérie, si l'hiver est doux (fig. 5, 6, 7).

Après l'apparition de la première bulbille, que l'on pourrait appeler « *bulbille principale* », avant qu'elle n'ait atteint tout son volume, il s'en développe d'autres sur la tige, plus petites et qui pourraient être qualifiées de « *bulbilles secondaires* ». Les bourgeons placés sous les écailles de la tige se transforment pour la plupart en bulbilles, surtout ceux qui avoisinent la rosette de feuilles. Leur nombre et leur volume (fig. 8) varient beaucoup et dépendent évidemment de l'humidité de la couche superficielle du sol et des aliments qui s'y trouvent à portée de la plante. Dans des conditions favorables, il est possible de compter une vingtaine de bulbilles par plante. L'on juge de la quantité considérable existant dans certains cas dans le sol à l'emplacement des peuplements d'*Oxalis*. Ces derniers se reconnaissent bien dans les cultures, car aucune autre espèce herbacée ne paraît résister à cette mauvaise herbe.

A mesure que la saison humide s'écoule, les bulbilles mûrissent ; d'abord blanches, elles prennent ensuite une teinte marron à maturité complète.

La saveur des bulbilles ne rappelle en rien celle des tubercules ; au lieu d'être sucrées comme ces derniers, elles sont âcres. Leur âcreté disparaît par la cuisson.

Nous avons dit que l'*Oxalis cernua* fleurissait de bonne heure sur le littoral algérien, dès la fin de décembre. La floraison de cette plante se continue jusqu'à la fin de mars ou avril, suivant les conditions climatériques. Le nombre de fleurs varie beaucoup, certaines Oxalis penchées produisent plusieurs centaines de fleurs alors que d'autres ne fleurissent pas (fig. 9, 10). Dans tous les cas, très peu de fleurs sont fécondes ; on trouve rarement une ou deux graines dans des capsules à demi-développées.

Nous terminerons l'étude de la troisième phase de la vie de cette plante en faisant remarquer que, lorsque les matières accumulées dans le tubercule s'acheminent vers les bulbilles, le tubercule se ride et se déforme comme un accordéon dont un côté serait maintenu fixe. La partie inférieure du tubercule étant en effet fixée

dans le sol, ce dernier en se raccourcissant graduellement entraîne lentement la tige qui s'allonge et s'étire inférieurement en un fil très délié. De même, la bulbille fixée à la partie supérieure du

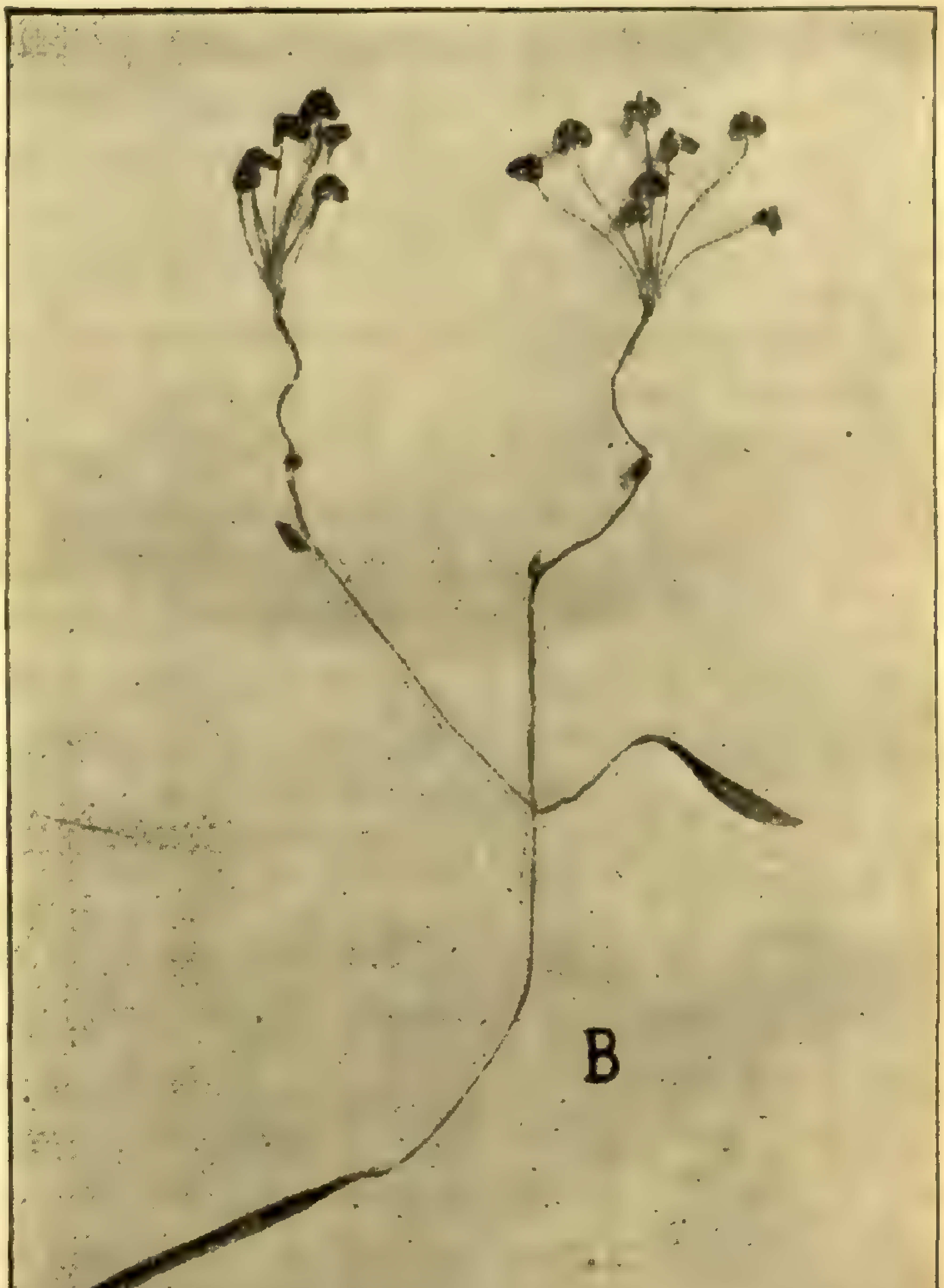


Fig. 9 et 10. — A. *Oxalis* fleuri provenant d'une bulbille moyenne. B. *Oxalis* sans fleurs provenant d'une petite bulbille. (Cliché Lejault).

tubercule parcourt une certaine distance facile à évaluer, car les débris de la bulbille ancienne auprès de laquelle elle se trouvait ne changent pas de place. Cette course égale dans quelques cas 25 centimètres. On peut encore constater autrement le déplacement des bulbilles, car il reste dans le sol l'empreinte presque cylindrique,

très nettement conservée de la place primitivement occupée par le tubercule arrivé à son plus grand volume. D'autres bulbilles, une ou deux, situées sur la partie inférieure de la tige, suivent et parcourent aussi une certaine distance moindre que celle parcourue par la première. Ces bulbilles cessent évidemment de se mouvoir quand le tubercule est épuisé. Cela constitue une manière particulière, peu commune il nous semble chez les végétaux, de déplacement d'organes servant à la multiplication. Ce moyen permet à l'*Oxalis* d'envahir petit à petit de grandes surfaces, même lorsqu'il ne produit aucune graine, comme c'est le cas pour sa variété à fleurs doubles qui ne fructifie pas. On remarquera que le déplacement des bulbilles se fait obliquement, presqu'horizontalement dans certains cas. Il y a donc toujours quelques bulbilles qui s'éloignent du centre du peuplement. Nous rappellerons que les graines d'*Oxalis* sont projetées loin de la capsule qui les contient par leur arille en se déchirant. L'*Oxalis cernua* possède donc deux moyens naturels de propagation, indépendamment du transport des bulbilles et des graines par l'homme.

Lorsqu'arrivent les premières chaleurs, en avril, sur le littoral algérien, les feuilles commencent à disparaître, leurs folioles se désarticulent et tombent ainsi que le pétiole, puis c'est le tour de la hampe florale. Si les bourgeons situés à l'aisselle des feuilles ne se transforment pas en bulbilles, de même que les terminaux, ils disparaissent (l'*Oxalis cernua* peut produire des bulbilles aériennes). Le rhizome et les restes des tubercules disparaissent en dernier lieu. Au bout de quelque temps, la décomposition de ces matières végétales a fait son œuvre et à la place d'un *Oxalis cernua* il n'y a plus que des bulbilles situées à des profondeurs variables et tout à fait indépendantes les unes des autres.

L'évolution de l'*Oxalis cernua* Thunb., peut se résumer ainsi en Algérie :

Une première phase pendant laquelle la bulbille germe, donne d'un côté un rhizome vertical pourvu de bourgeons, de racines et de feuilles, de l'autre une couronne de racines.

Une deuxième correspond à la tubérisation des racines, à la formation d'un ou plusieurs tubercules contenant 90 °/o d'eau, à l'apparition des fleurs.

Enfin, une troisième phase pendant laquelle il se forme une bulbille à l'extrémité du tubercule. Transformation des bourgeons du rhizome en bulbilles, résorption des tubercules provoquant le déplacement naturel d'une ou plusieurs bulbilles. Fin de la floraison et fructification de quelques capsules. Destruction du rhizome amenant l'indépendance complète des bulbilles.

NOTE SUR LES AGARICINÉES
DE LA FORÊT DE FONTAINEBLEAU

par M. Léon DUFOUR

Directeur-adjoint

du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau.

La forêt de Fontainebleau est assez grande pour qu'il soit utile de publier un aperçu de sa végétation fongique. Dans le présent travail nous nous bornons à la famille des Agaricinées. Nous ne nous dissimulons pas d'ailleurs que les renseignements que nous possédons actuellement sont loin d'être complets ; nous pensons cependant qu'il y a quelque intérêt à les faire connaître dès maintenant.

Ces données sont principalement le résultat d'excursions que nous faisons depuis environ huit ans dans la forêt. Dans cette recherche, nous sommes aidés par plusieurs amateurs compétents, avec lesquels nous nous réunissons fréquemment pour herboriser. Nous citerons en particulier MM. Fauvelais, Lacodre, Michel. Nous saisissons avec plaisir cette occasion de les remercier de l'aide qu'ils nous ont prêtée.

Nous remercions également M. Buchet, Préparateur à la Sorbonne, qui a fréquemment herborisé dans la forêt, et qui nous a aimablement communiqué divers résultats de ses recherches.

Nous avons aussi trouvé quelques données utiles dans les résultats d'herborisations faites il y a une vingtaine d'années par nous-même ou par un ancien Élève du Laboratoire, le regretté Géneau de Lamarlière.

Des documents relatifs à notre sujet existent dans le Bulletin de

la Société mycologique de France; ils consistent surtout en listes d'espèces recueillies dans les herborisations qu'organise la Société à l'occasion de ses sessions extraordinaires annuelles.

Ajoutons que quelques renseignements ont été puisés dans des listes d'espèces provenant d'envois faits pour les séances ordinaires de la Société mycologique, par un mycologue de Fontainebleau, aujourd'hui décédé, Feuilleaubois.

On verra que pour certaines espèces, aucune station précise n'est indiquée. Cela tient à ce que souvent, dans les comptes-rendus d'excursions, les endroits où ont été recueillies les diverses espèces ne sont pas précisés. On se contente d'indiquer en gros le chemin suivi et d'énumérer ensuite, sans renseignement supplémentaire, toutes les espèces rencontrées.

C'est là une manière fâcheuse de procéder; il serait bien préférable d'énumérer les espèces à peu près dans l'ordre où on les a recueillies en indiquant, en outre, de temps en temps, la route que l'on suit à peu près en herborisant à droite et à gauche, le carrefour auquel on arrive, etc. On donnerait ainsi, sans beaucoup plus de peine, des indications beaucoup plus précises de stations.

Il n'y aurait même que des avantages, sauf s'il s'agit d'espèces très communes, à répéter dans les listes partielles, le nom d'une espèce quand on l'a rencontrée plusieurs fois en des points assez espacés. Cette façon d'agir fournirait une indication précieuse sur la répartition des espèces et leur degré de fréquence.

Dans ce qui va suivre, nous donnerons simplement le nom des espèces très communes que l'on rencontre à peu près partout, çà et là, dans la forêt. Pour les espèces moins communes, et surtout celles qui sont rares, nous indiquerons les endroits où elles ont été recueillies.

Amanita.

Espèces très communes : *A. citrina, phalloides, rubescens, muscaria, vaginata (fulva* et *grisea).*

Sont moins communes : *A. verna:* Gros Fouteau, la Tillaye, Mont Chauvet, Carrefour du Chevreuil, Route des Rochers d'Avon.

A. solitaria : Carrefour des Adieux, entre le Carrefour du Berceau et la Mare aux Evées et près de cette mare, Montoir de Recloses,

A. Cæsarea : Environs de la Croix de Souvray, Carrefour du Pic Vert.

A. junquillea : Environs du Laboratoire, Gros Fouteau, Mont Chauvet, Barbizon, près de la Route d'Orléans et l'Aqueduc de la Vanne (sous les Pins).

A. pantherina : près du Polygone, Mont Chauvet, Gros Fouteau.

A. porphyria : au haut de la Côte de Bourron, Carrefour du Chevreuil, Mont Fessas, Mont Merle, Route des Rochers d'Avon, Carrefour du Berceau, Barbizon.

A. aspera ; Bois de Puits près Route d'Orléans et Aqueduc de la Vanne.

A. spissa : Gros Fouteau, Tillaye, Mont Fessas, Bois de la Madeleine.

Lepiota.

Espèces très communes : ***L. procera, excoriata, clypeolaria, granulosa, amiantina.***

Sont moins communes : *L. Persoonii :* environs du Carrefour des Demoiselles ou du Carrefour des Adieux.

L. illinita : près Aqueduc de la Vanne entre Route de Nemours et Route d'Orléans.

L. medullata : ancienne Route d'Achères.

L. aspera : forme type et var. *acutesquamosa :* Gros Fouteau, environs de la gare de Thomery, près de Barbizon, le long du Polygone.

L. castanea : Bas Bréau.

L. seminuda : Bouquet du Roi ou la Tillaye.

L. helveola.

L. Carcharias : Sous les Pins, des deux côtés de la Route d'Orléans après avoir passé l'Aqueduc de la Vanne ; Parquet des chasses à tir.

Armillaria.

Espèce très commune : *A mellea* (assez rare certaines années).

Espèces moins communes : *A. mucida :* Gros Fouteau, Tillaye, Bouquet du Roi.

A. bulbigera : canton des Ventes Bourbon ; signalée à diverses reprises sans indication de station.

A. robusta : environs de Barbizon ; signalée aussi plusieurs fois sans indication de station.

Une var. *focalis,* considérée quelquefois comme espèce spéciale, se rencontre dans un petit bois de Pins à gauche de la Route d'Orléans, aussitôt après avoir passé sous l'aqueduc de la Vanne.

A. aurantia : près du Carrefour de Recloses, dans un petit bois d'Épicéas.

Tricholoma.

Espèces communes : *T. rutilans, sulfureum* (très commun certaines années, rares certaines autres), *amethystinum, nudum, sordidum* (sa var. *glaucocanum* est plus rare, on la trouve dans les environs du Polygone), *Columbetta, striatum* et ses variétés *pessundatum* et *ustale, Russula* (rare certaines années), *sejunctum, saponaceum, grammopodium, terreum* et sa variété *triste.*

Moins communes sont les espèces suivantes : *T. equestre :* Carrefour Denecourt, près de la route de Buffon, Petit bois de Pins près Aqueduc de la Vanne, à gauche de la route d'Orléans, Bois des environs d'Arbonne.

T. compactum : Bois d'Arbonne.

T. resplendens : près du Parc du Château de Bourron, Mont Merle, Carrefour du Chevreuil, Bas Bréau.

T. album : Polygone, Bas Bréau.

T. leucocephalum.

T. cnista : Gros Fouteau.

T. Georgii : dans l'herbe près de Chailly le long de la Route de Chailly à Fontainebleau, Route de Moret, carrefour de Vienne.

T. colossum : Parc de Fontainebleau (1).

T. fulvum : entre la Mare aux Evées et la Route Ronde.

T. portentosum : Petit bois de Pins, au-delà de l'Aqueduc de la Vanne, à gauche de la Route d'Orléans.

T. amarum : Parquet des Chasses à tir.

T. lascivum : le long de la Route de Bourgogne entre le Pont du chemin de fer et la Croix de Toulouse.

T. cartilagineum.

T. melaleucum : Parc, Polygone, Carrefour de l'Epine.

T. Schumacheri : Mont Chauvet.

(1) Nous avons placé cette espèce dans le genre *Tricholoma,* comme le font la plupart des auteurs ; mais nous rappelons que M. Boudier (Bulletin de la Société mycologique) a montré que cette espèce a un anneau à l'état jeune ; elle doit donc être rangée dans le genre *Armillaria.*

T. acerbum : Parc, environs de Barbizon, au haut de la côte de Bourron (à gauche en venant de Fontainebleau).

T. aggregatum : Parc, entre le Carrefour du Berceau et la Mare aux Evées, Gros Fouteau (1).

T. Panæolum : Polygone, Gros Fouteau.

T. humile : Carrefour de l'Épine, près du Parc de Bourron.

T. imbricatum : Route de Buffon, Carrefour des forts de Marlotte.

T. vaccinum.

T. murinaceum.

T. pseudoacerbum : Gros Fouteau, environs du Jupiter, Route des Hautes-Plaines.

T. squarrulosum : près de Barbizon.

Collybia.

Les Collybia très communs dans la forêt sont les suivants :

C. erythropus, dryophila, butyracea, maculata, et sa var. *distorta, nummularia, grammocephala, fusipes, radicata, conigena* et sa var. *tenacella.*

D'autres moins communs sont les suivants : *C. nitellina :* Croix de Guise.

C. xanthopus : Près de la gare de Thomery.

C. obsoleta.

C. clusilis : Bois de la Madeleine.

C. extuberans : près du Carrefour du Berceau.

C. atrata : Gros Fouteau, Pont de la Trémouille (sous les Épicéas).

C. rancida : Fosse à Rateau, Sentier des Artistes.

C. orbiformis : Polygone, Parquet des Chasses à tir ; la var. *ditopus,* près de Barbizon.

C. metachroa : sous les Épicéas près du pont de la Trémouille, près du parc de Bourron, Mont Merle.

C. cirrhata.

C. tuberosa : Parquet des chasses à tir.

C. longipes : Près Carrefour du Gros-Hêtre.

(1) Espèce placée souvent dans les *Clitocybe,* ainsi que la variété *decastes.* Cette manière de voir peut être soutenue, car beaucoup de feuillets, mais non tous, en général, sont *décurrents.*

C. hariolorum : au haut de la côte de Bourron.

C. velutipes : Carrefour du Chevreuil.

Clitocybe.

Espèces communes dans la forêt : *C. rivulosa,* et ses var. *nebularis, brumalis, suaveolens, infundibuliformis, inversa, viridis, clavipes, cyathiformis.*

Espèces assez rares : *Clytocybe candicans* : Canton des Ventes Bourbon.

C. geotropa.

C. gilva : Polygone, Route de Marlotte, Mont Chauvet, Gare de Bourron.

C. vermicularis.

C. hirneola : Polygone, Ancienne Route d'Achères près Aqueduc de la Vanne.

C. diatreta : Parquet des Chasses à tir.

C. parilis : Mont Merle.

C. trullæformis : Polygone.

C. polia : Pont de la Trémouille (sous les Épicéas, Route des Rochers d'Avon, Route de Marlotte, Rochers Bouligny ou Mont Merle, Gros Fouteau, Mare aux Evées, Parquet des Chasses à tir.

Mycena.

Espèces très communes ou communes : *Mycena mucor, hiemalis, galopus, sanguinolenta, vulgaris, lactea, epipterygia, denticulata, polygramma, galericulata, pura.*

Espèces rares ou assez rares : *Mycena stylobates* : Mont Chauvet, près du Carrefour de la Croix de Toulouse.

M. tenella : Pont de la Trémouille (sous les Épicéas).

M. rorida : dans le bois du Laboratoire de Biologie végétale.

M. vitilis : Barbizon.

M. filopes.

M. collariata.

M. vitræa.

M. iris.

M. lineata : Pont de la Trémouille.

M. hæmatopus : Mare aux Evées.

M. aurantiomarginata : Carrefour de la Madeleine.

M. ammoniaca : Pont de la Trémouille.

M. alcalina : Mont Pierreux.

M. plicosa : Carrefour de la Madeleine.

M. rugosa : Barbizon.

M. excisa : Près du parc du Château de Bourron (sous des Pins).

M. parabolica.

M. sudora : Bois Gautier, Mont Merle.

M. flavoalba : Pont de la Trémouille (sous les Épicéas).

Omphalia.

Les *O. fibula* et *maura* ne sont pas rares.

Plus rares sont les suivantes : *O. integrella* : La Fosse à Rateau.

O. scyphiformis.

O. grisea.

O. umbilicata : le long du Polygone.

O. griseopallida : Pente Sud des Rochers Bouligny (partie incendiée), Mont Morillon.

O. onisca : Carrefour de l'Épine.

O. umbratilis : Polygone.

O. pyxidata : Carrefour de l'Épine.

Pleurotus.

P. dictyorhyzus, var. *chioneus* : Bas Bréau.

P. applicatus : Côte de Bourron, Bas Bréau.

P. mastrucatus : La Tillaye, Carrefour du Gros Hêtre, près du Laboratoire.

P. algidus : Fosse à Rateau.

P. acerosus : Pont de la Trêmouille (sous les Épicéas).

P. geogenius : Parc de Fontainebleau, la Tillaye, Bois Gautier (pente tournée vers la Seine).

P. petaloides : Route de Bourgogne, près de la Croix de Toulouse, Route de la Tête à l'âne.

P. dryinus : Gros Fouteau.

P. ostreatus : La Tillaye, Carrefour du Gros Hêtre, environs du Laboratoire.

P. conchatus : Bouquet du Roi, Carrefour du Berceau.

P. lignatilis : Bas Bréau.

P. fimbriatus : La Tillaye.

P. cornucopioides : Environs du Château de Belle-Fontaine.

P. ulmarius : près du Polygone, Bas Bréau.

P. nidulans : Fosse à Rateau, Gros Fouteau.

Hygrophorus.

L'*H. eburneus* est extrêmement commun sous bois, et aussi, quoique moins, ses variétés *melizeus* et *cossus*. Dans les clairières, aux grands carrefours, le long de divers chemins, dans l'herbe, on trouve aussi, souvent : *H. conicus*, *miniatus*, *ceraceus*.

Les espèces suivantes sont plus rares : *H. chrysodon* : près de la Route du Parc aux Bœufs, au dehors d'un petit bois d'Epicéas.

H. pudorinus : La Tillaye.

H. penarius.

H. lividoalbus : entre la gare de Thomery et la Croix de Guise.

H. agathosmus : Bas Bréau.

H. lætus.

H. pratensis : Bois Gautier (pente donnant sur le rû de Changis.

H. obrusseus : Plateau du Mont Chauvet.

H. chlorophanus.

H. hypothejus : Barbizon, Parquet des chasses à tir, Bois de Pins derrière le champ de manœuvres.

H. glutinosus, var. *olivaceo-albus* : Bas Bréau, Carrefour Montespan.

H. limacinus : Barbizon.

Cantharellus.

Les *C. cibarius* et *aurantiacus* sont très communes, la seconde ayant son maximum de poussée un peu plus tard que la première (fin octobre).

C. tubæformis : Gros Fouteau, Route Ronde, près de l'ancienne Route de Recloses.

C. infundibuliformis : Pente de la Solle, près des Tribunes du Champ de Courses.

C. carbonarius : Bois Gautier (pente tournée vers la Seine), Route Ronde, près de l'ancienne Route de Recloses.

Dictyolus.

D. muscigenus : Carrefour de l'Épine.

Lactarius.

Un grand nombre de Lactaires sont très communs : *L. zonarius, pallidus, torminosus, rufus, subdulcis, deliciosus, theiogalus, uvidus, blennius, plumbeus.*

Sont moins communs : *L. controversus :* près de la Mare aux Evées, Bois d'Arbonne.

L. decipiens.

L. ichoratus.

L. obnubilus.

L. camphoratus.

L. azonites : Route de Buffon, Route de Marlotte près l'aqueduc de la Vanne, La Tillaye, Carrefour du Chevreuil.

L. scrobiculatus : Bois Gautier (pente tournée vers la Seine), Croix de Guise, Mont Merle.

L. vietus : Bois de la Madeleine, Carrefour du Berceau, Mont Fessas, Route des Rochers d'Avon.

Russula.

Les Russules très communes sont les suivantes : *R. adusta, delica, xerampelina, integra, lepida, emetica, violacea, Queletii, ochracea, ochroleuca, virescens, heterophylla, cyanoxantha, nigricans.*

D'autres, moins communes, sont les suivantes : *R. lateritia :* Près le Pont de la Trémouille (sous les Pins).

R. aurata : Bois Gautier (Pente tournée vers la Seine), Gros Fouteau, La Tillaye, Route de Bourgogne (entre le Chemin de fer et la Croix de Toulouse), Carrefour du Chevreuil, Croix du Grand Maître, Mont Fessas, Croix de Guise.

R. rosea : La Tillaye.

R. incarnato : Gros Fouteau.

R. nauseosa : Près du Polygone, près de la Poudrière, Croix de Guise.

R. veternosa : Mont Andart, le long de la Route de Samois (à droite en venant de la gare), près du Polygone.

R. sanguinea : Carrefour du Chevreuil, près du Polygone, près Route d'Orléans (petit bois de Pins à gauche après l'Aqueduc de la Vanne), Route du Passereau, Parquet des chasses à tir.

R. rubra : Bouquet du Roi, Rochers Bouligny, près Parquet des chasses à tir.

R. lutea : Bois Gauthier, Carrefour du Chevreuil, Bas Bréau.

R. fellea : Bois de la Madeleine, Route de Tour Denecourt, Gros Fouteau, Fosse à Rateau, Mont Chauvet, Route de Bourgogne, Route des Rochers d'Avon, Côte de Bourron, Bas-Bréau, entre Carrefour du Berceau et Mare aux Evées.

R. citrina : La Tillaye, près de la Route de Samois (devant le Pont de Bourgogne en venant de la gare).

R. fœtens : Environs du Laboratoire, Bois de Belle-Fontaine, la Tillaye, Carrefour des Demoiselles, Bouquet du Roi, la Tillaye, entre le Carrefour du Berceau et la Mare aux Evées.

R. furcata : Bois des environs d'Arbonne, Carrefour du Chevreuil.

R. graminicolor : Bois d'Arbonne, Route des Rochers d'Avon, près du Pont de la Trémouille.

R. livescens var. *sororia :* Route des Rochers d'Avon.

R. cærulea : Près l'Aqueduc de la Vanne, entre la Route de Nemours et la route d'Orléans.

R. azurea.

Marasmius.

Les *M. rotula* et *M. urens* sont très communs.

Sont moins communs ou rares : *M. splachnoides.*

M. androsaceus : Près l'aqueduc de la Vanne et la route d'Orléans (sous les Pins). Une variété *Pinetorum* a été trouvée près d'Arbonne, Parquet des chasses à tir.

M. pilosus : Bas Bréau ou Gros Fouteau.

M. epiphyllus : entre carrefour du Berceau et la Mare aux Evées.

M. caulicinalis.

M. ramealis : Gros Fouteau, Fosse à Rateau.

M. alliatus : Bas Bréau.

M. prasiosmus : Barbizon, près du parc du Château de Bourron, Mont Pierreux.

M. fœtidus.

M. fuscopurpureus : Bas Bréau ou Gros Fouteau, Route de Rourgogne entre le Chemin de fer et la Croix de Toulouse.

M. globularis.

Panus.

Le *P. stipticus* est une espèce très répandue, sur les troncs coupés.

Lentinus.

L. ursinus : près du Laboratoire.

L. variabilis : près le Carrefour de la Croix de Toulouse.

L. cochleatus : Bois Gautier (Pente tournée vers la Seine).

Volvaria.

V. pusilla : Gros Fouteau.

V. gloiocephala : au haut de la côte de Bourron.

V. Loveyana : Route des parquets de Montigny, près de son intersection avec la Route du Long Rocher.

V. murinella : Route de Bourgogne (entre la Croix de Toulouse et le Pont de Bourgogne).

V. bombycina : La Tillaye.

V. volvacea : Gros Fouteau, Tillaye, Polygone.

Annularia.

A. lævis : Jardin de Diane.

Pluteus.

Le *P. cervinus* est très commun ; la variété *Roberti* a été trouvée dans le parc.

Les autres espèces rencontrées sont : *P. leoninus :* Mont Fessas, Route des Rochers d'Avon, bord d'un petit marais près d'Arbonne, Gros Fouteau.

P. chrysophæus : Bois de Belle-Fontaine, au Gros Fouteau ; la var. *phlebophorus :* la Tillaye ; au sentier des Artistes, la var. *cyaneus*.

P. plautus : Sentier des Artistes.

P. nanus : La Tillaye.

Entoloma.

E. lividum : Bois Gautier (Pente tournée vers la Seine), près du Parc de Bourron.

E. prunuloides : Entre Gare de Thomery et Croix de Guise, Route de Marlotte près l'aqueduc de la Vanne, Bas Bréau.

E. speculum : Route de Bourgogne entre la Croix de Toulouse et le Pont de Bourgogne, Route des Rochers d'Avon.

E. nidorosum : Gros Fouteau, Environs de la Mare aux Evées, près de Barbizon.

E. rhodopolium : Gros Fouteau, Route de Buffon, près parc de Bourron, près de la Mare aux Evées.

E. sericeum : Ancien parquet des chasses à tir (sous les Pins).

E. nitidum.

Clitopilus.

C. Prunulus var. *Orcella.*

C. amarellus et sa var. *mundulus.*

Leptonia.

L. enchlorum : Carrefour de la Croix de Toulouse, bords du champ de Courses, bord du Polygone.

L. lampropus : le long de la palissade du Parc de Bourron.

L. chalybœum : Rochers Fourceau ou Carrefour du Chevreuil, Route de Bourgogne, Bas Bréau. La var. *serrulatum*, dans l'herbe sur le talus ou les côtés de la Route de Paris.

L. Linkii.

L. nefrens : Carrefour des Demoiselles ou Carrefour des Adieux, Fosse à Rateau, Rochers Fourceau, Route de Bourgogne, Polygone.

Nolanea.

N. mammosa : Bois de Pins près Aqueduc de la Vanne et la Route d'Orléans, Parquet des chasses à tir.

N. pascua : Parquet des chasses à tir, Ancienne Route d'Achères.

N. proletaria : Champ de Courses, Pont de la Trémouille, Polygone.

Claudopus.

C. depluens : Polygone.

Octojuga.

O. variabilis : espèce commune.

Pholiota.

Sont très communs : les *P. præcox, caperata, togularis, mutabilis.*

Le sont moins : *P. radicosa :* Sommet de la côte de Bourron, Gros Fouteau, Butte aux Aires.

P. adiposa : Gros Fouteau, La Tillaye.

P. aurivela : Gros Fouteau.

P. erinacea : Entre la Route de la Fosse à Rateau et la Route de la Tillaye.

P. destruens : Route de Nemours près Aqueduc de la Vanne (sur tronc d'orme).

P. squarrosa : Parc, Bois de la Madeleine, le Gros Fouteau, Bouquet du Roi, Fosse à Rateau, la Tillaye, Bois d'Arbonne.

P. aurea : Polygone.

P. ægerita : Pont de la Trémouille, bord d'un petit marais près d'Arbonne.

P. marginata : Gros Fouteau ou Bas Bréau.

P. unicolor : Bas Bréau.

Cortinarius.

Nous pouvons ranger parmi les Cortinaires communs de la forêt de Fontainebleau les espèces suivantes : *C. purpurascens* et sa var. *cærulescens*, *C. fulgens*, *multiformis*, *collinitus*, *elatior*, *infractus*, *anomalus*, *alboviolaceus*, *impennis*, *hæmatochelis*, *sanguineus*, var. *anthracinus*, *incisus*, *bolaris*, *hinnuleus*, *paleaceus*, *castaneus*, *cinnamomeus*.

Les autres espèces recueillies sont les suivantes :

C. glaucopus : près le Carrefour de Paris, la Tillaye, entre le Carrefour du Berceau et la Mare aux Evées, haut de la côte de Bourron, la Croix de Guise.

C. salor.

C. largus : près du Laboratoire, Carrefour des Forts de Marlotte, Gros Fouteau.

C. cumatilis.

C. croceocærulus : Bois Gautier (pente tournée vers la Seine), entre Carrefour du Berceau et Mare aux Evées.

C. prasinus : Côte de Bourron.

C. orichalceus.

C. calochrous : Parc, Gros Fouteau ou Bas Bréau.

C. turbinatus : Carrefour du Chevreuil.

C. mucosus : Pied du Mont Andart (côte du Chemin de fer), Côte de Bourron, Bois avant Arbonne, Fosse à Rateau, Rochers Bouligny, Barbizon.

C. crocolitus.

C. triomphans : Côte de Bourron, Butte aux Aires, Fosse à Rateau, Mare aux Evées.

C. cristallinus : Côte de Bourron, Fosse à Rateau.

C. sebaceus : Côte de Bourron, Fosse à Rateau, Carrefour du Berceau.

C. causticus : Gros Fouteau ou Bas Bréau.

C. traganus.

C. violaceus : Bois de la Madeleine, Gros Fouteau, Croix de Guise.

C. flexipes : Mare aux Evées.

C. scutulatus : Bas Bréau.

C. milvinus : Route des Rochers d'Avon, ancienne route d'Achères (près Aqueduc de la Vanne).

C. cotoneus : Route des Ypréaux, avant d'arriver au carrefour de ce nom, en venant de la Route de Recloses.

C. raphanoides : Montceau, Bois Gautier (pente vers la Seine).

C. firmus : Bois Gautier (pente vers la Seine), Bois de la Madeleine, Mont Chauvet, la Tillaye.

C. armeniacus.

C. bivelus : Gros Fouteau ou Bas Bréau.

C. tophaceus.

C. orellanus : environs du Laboratoire.

C. fallax : Pont de la Trémouille.

C. duracinus : Bas Bréau.

C. ileopodius.

C. privignus : Bas Bréau.

C. limonius.

C. rigidus : Route des Rochers d'Avon ; la var. *hemitrichus*, au Bas Bréau.

C. germanus.

C. decipiens : Croix de Guise, Bas Bréau.

C. saturninus : Bois de la Madeleine, Côte de Bourron, Carrefour du Berceau, Mont Chauvet.

C. colus : Entre le Carrefour du Berceau et la Mare aux Evées.

C. pholideus : Plateau du Mont Chauvet.

C. sublanatus.

C. torvus : Carrefour du Gros-Hêtre, Butte aux Aires, Carrefour du Chevreuil.

C. miltinus : Barbizon ; la var. *semi-sanguineus* dans la même station ; la var. *erythrinus* au Bas Bréau et sous les Pins le long de l'Ancienne Route d'Achères (près de l'Aqueduc de la Vanne et de la

Route d'Orléans); de l'autre côté de cette même route, dans un petit bois de Pins.

C. rufoolivaceus : Bas Bréau ou Gros Fouteau.

Inocybe.

Espèces communes : *I. lanuginosa, dulcamara, geophila, Trinii, rimosa.*

Autres espèces rencontrées : *I. obscura.*

I. lucifuga.

I. scabra : Gros Fouteau.

I. destricta : Environs de la Tour Denecourt.

I. cæsariata : Polygone.

I. petiginosa : Environs de la Tour Denecourt.

I. descissa : Mont Merle, Route du Cèdre, Polygone.

I. scabella : Route de Bourgogne (entre Croix de Toulouse et Pont de Bourgogne), Gros Fouteau, Carrefour du Chevreuil, Parquet des chasses à tir, Polygone.

I. prætervisa : Route des Parquets de Montigny, Route de Bourgogne.

I. fastigiata : Environs de la Tour Denecourt, bois avant Arbonne, Route de Bourgogne.

Gomphidius.

Les *G. viscidus* et *glutinosus* sont communs.

G. roseus : Bois avant Arbonne, au pied des rochers Bouligny du côté du Mont Merle, près du Polygone, Parquet des chasses à tir.

Hebeloma.

Très commun l'*H. crustuliniformis* et sa var. *sinapizans.*

Moins communs : *H. versipellis :* Bois Gautier (Pente tournée vers la Seine), Bas Bréau; la var *mesophæum*, au Bas Bréau également.

H. longicaudus : Bois Gautier (Pente vers la Seine), Bois de la Madeleine, sentier des Artistes.

H. fastibilis.

Flammula.

F. carbonaria : Pente incendiée des Rochers Bouligny.

F. Tricholoma : Sentier des Artistes, près Aqueduc de la Vanne (non loin de la Poudrière).

F. gummosa, var. *ochrochlora*.

F. sapinea : environs de la Tour Denecourt, Route des Rochers d'Avon, Route de Bourron à Villiers (après avoir traversé la Route de Nemours).

F. penetrans : Polygone.

Naucoria.

Espèce commune : *N. semiorbicularis* et var. *pediades*.

Autres espèces recueillies : *N. melinoides*.

N. arvalis : Route de Bourron à Villiers au delà de la route de Nemours.

N. tabacina : Mont Merle.

Galera.

Espèces communes : *G. tenera*, *G. Hypnorum*.

Autres espèces : *G. spartea :* Croix de Guise.

G. tenuissima : Polygone.

Tubaria.

Espèce assez commune : *T. furfuracea*.

Autre espèce : *T. paludosa*.

Bolbitius.

B. vitellinus.

Crepidotus.

Espèce commune : *C. mollis*.

Paxillus.

Espèces très communes : *P. atrotomentosus* et *P. involutus*. La var. *leptopus* a été trouvée à Barbizon.

Espèce rare : *P. lamellirugus* trouvée à Barbizon.

Psalliota.

Espèces communes : *Ps. silvicola, arvensis*.

Moins communes : *Ps. comtula :* Côte de Bourron, Croix de Guise, Mont Merle, Polygone, Route des Rochers d'Avon, Pont de la Trémouille, Les Erables.

Ps. flavescens : Gros Fouteau, Fosse à Rateau.

Ps. silvatica : le long de la Route de Samois près du Pont de Bourgogne, Carrefour du Chevreuil, Bois de la Madeleine, Croix de

Guise, Mare aux Evées, le long du Polygone, Parquet des chasses à tir.

Ps. rubella : le long du Polygone entre les Route de Nemours et d'Orléans.

Stropharia.

Espèce commune : *S. æruginosa.*

Autres espèces : *S. squamosa* : Bouquet du Roi, Fosse à Rateau, Bas Bréau, près du Polygone.

S. coronilla : Mont Merle, Polygone, talus des eaux du Loing.

S. semiglobata : Gros Fouteau.

S. melasperma : Carrefour du Chevreuil, Route de Bourgogne.

Hypholoma.

Espèces très communes : *H. fasciculare, sublateritium, candolleanum, appendiculatum, hydrophilum.*

Autres espèces : *H. gossipinum*, var. *pennatum* : Partie incendiée des Rochers Bouligny.

H. bipellis, epixanthum, leucotephrum.

Psilocybe.

P. coprophila : le long du Polygone.

P. spadicea : Partie incendiée des Rochers Bouligny.

P. atrorufa : près de Sorques (dans les Champs le long d'un petit chemin).

P. sarcocephala : Près de Bourron.

P. bullacea.

P. obtusata : Partie incendiée des Rochers Bouligny.

P. egenula : Croix de Toulouse.

Psathyra.

P. spadiceo-grisea : Rochers Bouligny (partie incendiée).

P. conopilea : Parc de Fontainebleau.

P. corrugis.

Anellaria.

A. separata : Carrefour du Chevreuil.

Panæolus.

Espèces très communes : *P. papilionaceus* et *campanulatus.*

Autres espèces : *P. fimiputris* : Bois de la Madeleine.

P. fimicola : Polygone.

Psathyrella.

Espèce très commune : *Ps. disseminata.*

Autres espèces : *Ps. gracilis,* Pelouse du Laboratoire, Bas Bréau.

P. subatrata.

Coprinus.

Espèces communes : *P. plicatilis, micaceus, atramentarius.*

Autres espèces : *C. digitalis* : Gros Fouteau.

C. comatus : pelouse du Parc (allant de la Porte blanche à la porte de Changis.

C. picaceus : La Tillaye, Fosse à Rateau, Côte de Bourron, Carrefour du Chevreuil, Croix de Guise.

QUELQUES ÉTUDES

SUR LA

MALADIE DE LA ROUILLE DES BETTERAVES

Uromyces Betæ (Pers.) Kühn.

par M. Jakob ERIKSSON,

Professeur de Botanique à Stockholm.

A. — Aperçu historique.

Le Champignon, cause de cette maladie, fut décrit pour la première fois par C. H. Persoon (1), en 1801, sous le nom d'*Uredo Betæ*. J. Kühn le réunit, en 1869, au genre *Uromyces* créé, en 1816, par H. Link, et l'appelle *Uromyces Betæ*. C'est sous ce nom que le Champignon est connu actuellement.

En 1858, Kühn (2) affirme qu'il a observé cette maladie en grande abondance une seule fois, c'est-à-dire en 1856, dans un champ de Betteraves au voisinage de la ville de Bunzlau (Prusse). Les feuilles, même les plus jeunes d'entre elles, étaient couvertes de nombreux amas de spores, bruns, arrondis ou oblongs et les pétioles mêmes portaient des sores. « Cette espèce de rouille apparaît pourtant, dit-il, si peu souvent en abondance que nous avons très peu à craindre de la part de cet ennemi. »

Il semble que le Champignon ait gagné bientôt une extension inattendue et considérable, et que la gravité s'en soit augmentée à un degré qu'on n'avait pu imaginer au début de l'apparition de

(1) C. H. Persoon, *Synopsis methodica fungorum*. Göttingen, 1801, p. 220.

(2) J. Kühn. *Die Krankheiten der Kulturgewächse*. Berlin, 1858, p. 230.

la maladie. Dans son rapport de l'année 1869 Kühn (1) annonce que la maladie est devenue bien plus fréquente. Elle avait été observée dans les environs de Halle an der Saale sur des Betteraves sucrières aussi bien que sur des Betteraves fourragères. Le Champignon se répandait, dans les champs de Betteraves, surtout pendant les mois de septembre et d'octobre au moyen de ses spores d'été *(Uredo)*. Vers la fin de l'automne se formèrent des spores d'hiver *(Uromyces)* à parois plus épaisses et ne germant qu'au printemps de l'année suivante. Kühn avait réussi à constater, dès le mois de décembre de l'année 1867, une troisième forme du Champignon sur des Betteraves ayant porté, le même automne, des feuilles rouillées et mises à hiverner telles quelles dans une serre appropriée. Cette forme se manifestait comme de grandes taches jaunes sur les feuilles et les pétioles ; les taches finirent par se couvrir de nombreuses coupes serrées, remplies de spores. C'était la forme *Æcidium* du Champignon. Si les æcidiospores germaient sur une jeune feuille de Betterave, elles donnaient bientôt naissance, sur elle, à de nouveaux sores, contenant des spores d'été. Quant aux dégâts produits par cette maladie, ils étaient peu abondants tant que le Champignon apparaissait peu fréquent, mais à mesure que l'invasion se répandait, le développement de la racine était sensiblement arrêté. Depuis vingt ans, le Champignon avait fait l'objet d'études spéciales de la part de Kühn, qui n'avait pourtant pu constater de cas plus graves avant l'année 1856. La maladie est ensuite devenue de plus en plus fréquente à mesure que la culture des Betteraves a pris de l'extension.

En 1874, P. Sorauer (2) signale la rouille des Betteraves comme « un phénomène connu de longue date dans la pratique ». Depuis quelques années, on la voyait pourtant gagner rapidement par ses invasions de plus en plus fréquentes et abondantes. Le Champignon tuait prématurément les feuilles assimilatrices, et de ce fait la récolte des Betteraves diminuait considérablement.

Actuellement, la maladie existe en Europe, dans tous les pays producteurs de Betteraves. En Australie, le Champignon est très commun. Il a aussi été observé en Nouvelle-Zélande, dans l'Afrique méridionale et aux Etats-Unis d'Amérique (Californie). Il attaque

(1) J. Kühn, Der Rost der Runkelrübenblätter, *Uromyces Betæ*. *(Bot. Zeit*, Leipzig, 1869, p. 340).

(2) P. Sorauer, *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*. Berlin, 1874, p. 257.

non seulement les Betteraves sucrières et fourragères, mais aussi les Betteraves rouges et le *Beta maritima* croissant à l'état sauvage dans les pays méditerranéens et sur les côtes de l'Europe occidentale.

En Suède, la maladie est très répandue dans les districts producteurs de Betteraves des provinces méridionales. En 1882, je reçus des échantillons de feuilles de Betteraves atteintes par cette rouille, provenant d'Arloef en Scanie. Depuis, des nouvelles sont parvenues de temps en temps, faisant savoir que la maladie avait fait son apparition en de nouvelles régions de la Scanie.

B. — Apparition de la maladie.

En 1910, j'ai été à même d'examiner, en Scanie, au moment de la récolte des Betteraves, c'est-à-dire dans la première semaine d'octobre, un grand nombre de Betteraves sucrières et fourragères. Dans tous les champs examinés, qui étaient situés dans les environs de Malmoe, de Lund et de Helsingborg, j'ai trouvé le Champignon, soit dans la phase d'été, soit dans celle d'hiver, mais surtout cette première. Un champ était très gravement atteint, un autre l'était moins. Dans les champs les plus sérieusement attaqués, les feuilles tombaient flasques vers le sol, les plus âgées tout à fait desséchées et noires ; les pétioles des plus jeunes se dressaient toujours verts tandis que les limbes rabougris, fanés et d'un jaune brunâtre s'inclinaient vers la terre. Les feuilles des pieds légèrement atteints gardaient assez bien leur port normal et les limbes en restaient toujours étendus. Dans les plantes plus malades, la plupart des feuilles de la rosette s'abattaient vers le sol, flétries et noires.

Ce qui est pourtant bien digne de considération, c'est que *l'intensite de l'attaque du Champignon se montrait fort inégale sur les différents pieds du même champ*. Ainsi, il arrivait souvent qu'une plante peu ou point attaquée poussait tout près d'une autre plante très rouillée. Il en était de même sur toute l'étendue des champs. Or, ce qu'il y a de plus remarquable encore, c'est que *cette intensité inégale de la maladie sur des pieds poussant les uns à côté des autres se maintenait inaltérée de semaine en semaine* jusqu'au moment de l'arrachage des racines. Nous avons pu constater ce phénomène en suivant de près, durant deux semaines, le développement du Champignon sur une dizaine de plages situées dans un champ de Bette-

raves au voisinage de Malmoe. Ces plages furent choisies le 1er octobre et marquées de petits bâtons. Chacune d'elles portait au moins un pied très rouillé; les autres n'étaient, au contraire, que peu malades. Les plages furent examinées après une ou deux semaines,

Fig. 1. — Pied de Betterave, fortement atteint par la rouille des Betteraves (*Uromyces Betæ*). Les feuilles extérieures, les plus âgées, tout à fait fanées ; les limbes des feuilles du milieu en train de se faner; tous couverts de nombreux sores. (Scanie) 8/10 1910.

Fig. 2. — Face inférieure d'une feuille de Betterave, portant de nombreuses pustules de rouille. (Scanie) 8/10 1910.

mais ni l'une, ni l'autre fois, l'invasion des pieds, au début légèrement malades, ne se montrait aggravée. Avec tout cela, il n'en est pas moins vrai que les plantes avaient été pendant deux semaines — et à coup sûr pendant la ou les semaines précédentes — pour ainsi

dire jonchées de spores provenant des pieds rouillés du voisinage.

Nous nous trouvons donc en présence d'un de ces cas, point rares, où la propagation d'une certaine maladie des plantes n'a pas lieu avec la rapidité à laquelle on pourrait s'attendre à en juger par l'abondance des matières contagieuses au voisinage. Sur un seul pied de Betterave très malade il y a des milliers, peut-être des millions de sores d'*Uredo,* dont chacun contient des milliers, sinon des millions de spores. Malgré cette abondance excessive de matières infectieuses au voisinage immédiat des pieds, l'intensité de la maladie est essentiellement inégale sur eux. Cette inégalité se manifeste aussi bien quand il est question de distances peu considérables, de 1 à 2 mètres, que lorsqu'il s'agit d'un éloignement de 1 à 2 kilomètres. On peut tirer de là la conclusion suivante : *Pour qu'une éruption violente de la maladie ait lieu, il faut autre chose que des spores seules.* Ce qui n'est pas moins important, c'est la condition où se trouve le pied ou l'individu sur lequel tombent les spores, c'est-à-dire son état de réceptivité plus ou moins grande vis-à-vis du parasite en question.

C. — Les spores d'hiver comme propagateurs de la maladie de l'année suivante.

Mais ce n'est pas tout ! Le fait que les différents pieds d'un champ de Betteraves montrent une intensité tout à fait inégale et de plus, que cette différence continue à se manifester jusqu'à l'arrachage même des racines, doit forcément faire naître les questions suivantes : Comment le Champignon s'introduit-il dans la nouvelle récolte, et cela d'une manière aussi rapide et vigoureuse sur les terrains fort éloignés où il n'y a pas eu de Betteraves qu'au cœur même de districts depuis longtemps producteurs de cette plante ? Et ensuite, comment se fait-il que la maladie s'établit dans des régions chaque année de plus en plus étendues ? On aime à expliquer la première apparition de la maladie dans la nouvelle récolte au moyen des *spores d'hiver* du Champignon, formées l'automne précédent et ayant persisté soit dans les couches superficielles du vieux champ de Betteraves, soit à la surface des Betteraves conservées pendant l'hiver en vue de la production de graines l'année suivante.

Les expériences faites jusqu'ici parlent-elles peut-être en faveur

d'une telle opinion? Nullement. Portons d'abord nos regards sur les vieux districts de Betteraves, où les conditions sont surtout favorables à la diffusion du Champignon et où les champs cultivés de Betteraves sont éloignés les uns des autres de quelques centaines de mètres seulement. Il est alors évident que, vu l'abondance excessive des spores d'hiver mêlées au sol de l'ancien champ, la maladie ne devait pas tarder longtemps à apparaître sous la forme *Æcidium* dans le nouveau champ de Betteraves.

Il y a 25 ans, C. B. Plowright (1) a réussi à montrer, par des essais expérimentaux, que la maladie peut en réalité se propager de cette manière. Le 20 mars 1885, il avait mis des morceaux de paille rouillés, ayant persisté durant l'hiver et provenant du *Beta maritima* sauvage sur deux jeunes pieds de Betteraves. Sur les plantes apparurent, le 21 avril, la forme *Æcidium* et peu après la forme *Uredo*.

Or, comment se présentent les choses dans nos champs de Betteraves au printemps et au commencement de l'été? Autant que je sais, les pieds restent le plussouvent indemnes de la maladie bien avant dans l'été, jusqu'au mois d'août. Lorsque la maladie s'y manifeste enfin, elle apparaît tout de suite comme *Uredo* sans *Æcidium* précédant.

Quant aux spores qui se trouvent par hasard sur les Betteraves conservées pendant l'hiver en vue de la production de graines l'année suivante, il y a certaines circonstances qui en réduisent l'importance pour la nouvelle éruption de la maladie. C'est que la production des graines de Betteraves est à présent maintenue presque exclusivement par un petit nombre de spécialistes en localités isolées. Il serait donc absurde de voir dans les spores ayant persisté durant l'hiver sur les Betteraves repiquées au printemps un facteur d'importance réelle pour la propagation du parasite. Mais ce n'est pas tout. Il semble que la forme *Æcidium* de ce Champignon soit très peu fréquente. En 1889, Plowright affirme qu'en plein champ il ne l'avait trouvée, dans les environs de King's Lynn (Norfolk, Angleterre), que peu souvent. Une seule fois, en avril 1885, il l'avait constatée sur le *Beta maritima* sauvage. Aussi tard qu'en 1906, le plus grand connaisseur des Champignons de l'Australie,

(1) C. B. Plowright, *A Monograph of the British Uredineae and Ustilagineae*. London, 1889, p. 127.

Mc. Alpine (1), annonce qu'en ce pays, bien que le Champignon y soit très répandu, le stade *Æcidium* a été rarement rencontré. En Allemagne même, l'*Æcidium* de cette rouille semble bien rare.

Pour ma part, je n'ai jamais trouvé, en Suède, ce stade d'évolution, bien que j'aie examiné à plusieurs reprises, surtout pendant les dernières années, de mai à juillet, de nombreux champs de Betteraves au sud de la Suède. Il est à remarquer que ces champs avaient été, à l'arrière-saison de l'année précédente, très gravement atteints par la rouille.

Le docteur K. Tjebbes, directeur scientifique des cultures de graines de Betteraves à sucre de la Société d'Actionnaires des Raffineries Suédoises, près de Landskrona, a fait la même expérience. Il écrit dans une lettre du 26 septembre 1913 ce qui suit : « Je n'ai jamais observé d'*Æcidium* sur les porte-graines. D'autre part, j'y ai vu quelquefois, bien que très rarement, des spores d'été dans la seconde semaine d'août et des taches brun rougeâtre le 5 septembre seulement. Pour le moment, presque toutes les Betteraves de certains champs, à terre légère notamment, sont atteintes par la rouille. »

D. — La source de la réapparition de la maladie dans la nouvelle récolte.

Pour apprendre à connaître le mode d'hivernage de ce Champignon et la source de sa réapparition dans la nouvelle récolte, nous avons choisi à l'arrière-saison de 1910, dans la seconde semaine d'octobre, dans un champ de Betteraves gravement atteint au voisinage de Malmoe, cinq pieds très rouillés et cinq pieds légèrement envahis par le parasite. Ils furent tous transportés à Stockholm (Expérimentalfältet), chaque pied séparément, pour y être conservés pendant l'hiver et repiqués au printemps suivant. Les fanes de toutes ces Betteraves furent coupées tout près de la racine sans que la vigueur en éprouvât du dommage. Ensuite, on brûla les fanes et arrosa les racines, une à une, pendant un quart d'heure sous un jet d'eau à forte pression dans le but d'éloigner ainsi toutes les spores qui pouvaient s'être attachées à leur surface. Après ce traitement, les Bette-

(1) D. Mc. Alpine, *The Rusts of Australia*, Melbourne, 1906, p. 84.

raves furent déposées, chaque espèce à part, dans un silo pour la conservation hivernale, et ensuite laissées en paix jusqu'au printemps.

Le 20 mai 1911, les Betteraves furent retirées, chaque groupe séparément, de leurs tas, furent nettoyées et arrosées de nouveau. Ensuite le repiquage des pieds eut lieu dans la cour d'essais sur des parcelles fort distantes les unes des autres. Les plantes portaient, à ce moment même, de petites rosettes de feuilles. Sur tous les pieds se développèrent bientôt des feuilles et des pousses en abondance ; ensuite une formation copieuse de tiges et de fleurs commença. Au commencement de juillet, les pousses avaient atteint la hauteur d'un mètre. Dans le cours du printemps et de l'été, les nouvelles pousses furent examinées à plusieurs reprises, mais longtemps sans qu'aucune trace de rouille ne pût y être découverte. *Le 2 juillet et le 18 du même mois tous les pieds des deux parcelles restaient ainsi indemnes.* Ce n'est que *le 28 août que les toutes premières traces de la maladie sont découvertes,* dans la parcelle des Betteraves gravement atteintes. Sur quelques feuilles isolées, se trouvant au centre d'une des plantes de cette parcelle, on trouva alors des petits sores épars ou disposés en groupes. *Ces sores ne contenaient que des spores d'été (Uredo) du Champignon. Aucune tache d'Æcidium n'était visible.* En examinant cette parcelle quelques jours après, le 2 septembre, nous trouvâmes des pustules de rouille sur tous les pieds, mais notamment sur la plante la première attaquée. Dès lors, les feuilles les plus basses commençaient à se rouiller. Vers la base de la plante la plus gravement atteinte on observa, ce jour même, quelques petites feuilles portant des sores peu nombreux, cinq à dix, épars, d'un gris noirâtre, toujours couverts par l'épiderme de la feuille. *Ces sores ne contenaient que des spores d'hiver (Uromyces)* du Champignon. Sur les feuilles qui à l'examen précédent avaient offert des pustules, la forme *Æcidium* avait manqué, sur celles examinées le 2 septembre, et l'*Æcidium* et l'*Uredo* faisaient défaut. Dans la parcelle où poussaient les plantes légèrement atteintes un petit nombre de feuilles montraient, le2 septembre, des pustules de spores d'été bien que en abondance moins considérable.

Les feuilles sur lesquelles apparaissaient ces pustules — évidemment les toutes premières que portaient les pieds — n'étaient en aucune manière faibles et languissantes, mais, au contraire, vigou-

reuses et d'un beau vert foncé. Si l'éruption comprenait une seule pustule à deux ou trois sores très serrés, ceux-ci étaient souvent entourés d'une auréole claire assez grande. Si les sores apparaissaient, au contraire, très nombreux en groupe étendu, il n'y avait autour d'eux aucune auréole claire, et les pustules isolées étaient en ce cas très petites. La première éruption du Champignon de la rouille des Betteraves était donc presque analogue à celle du Champignon de la rouille brune du Seigle *(Puccinia dispersa)* dont les premiers sores de spores d'été apparaissent sur une feuille de Seigle au milieu de juin ou quelquefois plus tôt.

Dès lors une question se pose. *Les toutes premières pustules* que portait, vers le premier septembre, la Betterave la première attaquée, *d'où tiraient-elles leur origine ?* Y avait-il au voisinage, de près ou de loin, une source de maladie à laquelle pouvait être attribuée l'éruption de la rouille? A ce que je sais, il n'y en avait pas.

D'abord, il n'y avait aux environs aucune autre sorte de Betterave que des Betteraves rouges cultivées dans les potagers voisins, et elles se tenaient, comme elles en avaient coutume dans ces régions, indemnes de la maladie durant tout l'été et l'automne même. Il faut dire que je n'ai jamais, ni moi-même observé, ni entendu signaler par d'autres personnes de cas où les Betteraves, aux environs de Stockholm, aient été atteintes par cette rouille. Pendant les années où j'ai cultivé, moi-même, à Experimentalfältet, des Betteraves sucrières, fourragères ou rouges, c'est toujours en vain que j'ai cherché à découvrir cette maladie. Je suis porté à croire que *la zone normale de la distribution de ce Champignon prend fin au sud du degré de latitude de Stockholm*. Il est à supposer que les conditions requises pour le bien-être et la propagation du Champignon y font ordinairement défaut.

Or, l'éruption de la maladie ne pourrait-elle être causée par des spores se trouvant à la surface des Betteraves et surtout au sommet des racines où avaient été insérées les feuilles rouillées de l'année précédente. Il faut dire qu'il n'est pas absolument impossible qu'il en soit ainsi, bien que cela paraisse peu vraisemblable. Après les lavages et les arrosages réitérés auxquels avaient été livrées ces Betteraves, il n'est pas très probable qu'il y eût encore sur elles de telles spores au moment de leur repiquage dans la cour d'essais. Il nous devient encore plus difficile d'expliquer d'une manière satisfai-

sante, au moyen de ces spores, l'apparition des premiers sores — et celle des sores de spores d'été — sur la nouvelle végétation aussi *tard* que le 28 août sur l'une et le 2 septembre sur encore quelques-unes des plantes. A compter du commencement de juin — les racines portaient de petites rosettes de feuilles au moment du repiquage, le 20 mai — environ *trois mois s'étaient écoulés avant l'éruption* des *premières pustules de rouille.* Des essais nous ont permis de constater — comme nous l'avons dit plus haut — que la durée de l'incubation est d'un mois environ. *La longue période de santé nous défend donc,* me paraît-il, *de chercher l'origine des premiers sores, apparaissant vers le 1er septembre, dans les spores d'hiver de l'année précédente,* fixées au sommet des racines.

Il ne nous reste aucune autre explication vraisemblable que la suivante : *Le Champignon, cause de l'altération, persiste pendant l'hiver dans l'intérieur de la Betterave, probablement au sommet de la racine, d'où il pénètre dans les pousses pour donner ensuite sur elles* — en général sur des feuilles qui se trouvent bien au-dessus du sol — *des sores superficiels.*

Pour établir si ce Champignon peut persister durant l'hiver au moyen d'un mycélium pénétrant les tiges et les feuilles, nous avons utilisé les méthodes de fixation et d'immersion auxquelles nous avons recours actuellement. Ainsi, différentes portions de quelques-unes des feuilles les premières attaquées ont été l'objet d'un *examen cytologique.* Les parties examinées furent : 1°, parties de pétioles de feuilles malades, 2°, portions saines à partir de limbes malades, 3°, parties fort voisines de sores. La fixation eut lieu le 1er septembre 1911 suivant les méthodes de Flemming et le traitement utilisé ensuite fut aussi celui de Flemming.

Voici le résultat des examens : Jamais les portions de pétioles examinées n'ont montré de mycélium. De là résulte, à mon avis, que le Champignon ne pénètre pas, sous cette forme, la plante entière. Dans les portions de feuilles vertes, j'ai découvert une seule fois un mycélium très jeune (« protomycélium nucléolaire ») (1), à part cela aucune trace de mycélium. Je veux tirer de là la conclusion qu'*il n'existe pas de lacis mycélien pénétrant le limbe entier* et occasionnant l'apparition de pustules superficielles. Au contraire, chaque

(1) Voir J. Eriksson. — Sur l'appareil végétatif de la Rouille jaune des céréales. (*C. R. de l'Ac. des Sc.* Paris 1903. T. 157, p. 579).

sore spécial ou chaque groupe de sores plus étroit naît séparément à mesure que le Champignon parvient à sa maturité et entre dans sa phase mycélienne. La seule fois qu'un mycélium ait été constaté, le hasard a voulu que j'aie rencontré un cas où la maturation s'était faite sans que le développement eût avancé jusqu'à la formation de pustules. Sur les coupes enfin, qui provenaient du voisinage immédiat de sores ouverts, j'ai constaté les stades d'évolution du Champignon qu'on trouve dans des cas analogues (les rouilles des céréales et d'autres).

Ces recherches appuient donc l'opinion que *le Champignon persiste dans la racine durant l'hiver* et se transmet à la nouvelle génération de Betteraves, *non sous la forme d'un mycélium, mais comme un plasma latent au-dedans des cellules* («mycoplasma »).

E. — Action exercée par le Champignon sur la teneur en sucre des Betteraves.

M. Tjebbes a fait, sur ma demande, des essais comparatifs quant à la teneur en sucre de Betteraves sucrières rouillées et de Betteraves sucrières saines. Ces recherches ont donné les résultats suivants :

A. Betteraves de la famille 2-630, parcelle d'essais 98, champ de Säbyholm.

a]. 50 Betteraves *rouillées,* triturées ; deux fois digérées dans l'eau chaude ; quatre polarisations :

Teneur en sucre 17,1 — 17,3 — 17,3 — 17,8 °/₀ ; moyenne 17,3 °/₀

b]. 50 Betteraves *saines* de la même parcelle ; même traitement :

Teneur en sucre : 17,7 — 17,8 — 17,8 — 17,9 °/₀.

B. Betteraves de la famille 2-646, parcelle d'essais 101, champ de Säbyholm

a]. 50 Betteraves *rouillées ;* même traitement :

Teneur en sucre 17,4 — 17,5, — 17,3 — 17,4 ; moyenne 17,4 °/₀

b]. 50 Betteraves *saines* de la même parcelle ; même traitement :

Teneur en sucre 18,4 — 18,3 — 18,1 — 18,1 ; moyenne 18,2 °/₀.

Sous le nom de « famille » on comprend les descendants d'*un* porte-graines.

Les Betteraves examinées avaient été choisies de telle façon que les quantités comparées auraient le même poids à peu près.

Il est donc évident, ajoute M. Tjebbes, que *les racines des pieds rouillés ne contiennent pas autant de sucre que celles des pieds sains,* chose qu'on pouvait aussi soupçonner d'avance.

F. — Mesures à prendre contre la maladie.

1. Veiller à ce que les graines de Betteraves employées comme semence proviennent d'une localité indemne de la maladie.

2. Ne pas cultiver de porte-graines dans les régions productrices de Betteraves.

Stockholm, le 5 novembre 1913.

LA GÉOGRAPHIE BOTANIQUE
ET LES ANALYSES DE SEMENCES

par M. Louis FRANÇOIS

Docteur ès sciences

Chef des travaux à la Station d'essais de semences de Paris.

Dans le commerce des graines, on a souvent à s'occuper de la provenanee des matériaux sur lesquels porteront les transactions : les semences d'une même espèce de plante ayant fréquemment des valeurs très différentes, suivant leur origine, ou, ce qui revient à peu près au même, suivant les conditions qui ont présidé à leur formation et à leur récolte. Un très petit nombre de caractères, tirés des graines elles-mêmes : forme, couleur, poids, etc, peuvent, jusqu'à un certain point, donner des indications assez précises, mais, la plupart du temps, si l'on met à part quelques types récoltés dans des régions bien déterminées et toujours assez restreintes d'ailleurs, les indications tirées des caractères physiques des graines ne sont pas assez rigoureuses pour en déduire des conclusions suffisamment précises, même au point de vue commercial. On a recours alors à une méthode indirecte, consistant uniquement dans la recherche et l'examen des impuretés naturelles mélangées d'une manière à peu près constante aux échantillons fournis par le commerce. Le problème, même envisagé de cette manière, n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire et, parfois, ce n'est pas sans une certaine appréhension qu'on se résout à exposer une opinion ferme sur l'origine d'un lot de graines. Je n'entrerai pas ici dans les explications nombreuses qu'exigerait l'étude de cette question, j'ajouterai simplement à cet aperçu, que les impuretés les plus

importantes à ce point de vue sont presque toujours les semences de plantes adventices ayant été récoltées en même temps que celles qui constituent le lot à examiner. Là encore, il convient d'être prudent, car, parfois, la répartition actuelle d'une pareille plante ne correspond plus du tout à ce qu'elle était quelques années auparavant ; la culture des végétaux auxquels elle est associée ayant pu la répandre sur de vastes espaces où jadis elle était inconnue.

Ainsi, en particulier, *l'Helminthia echioides* et le *Centaurea solstitialis* qui pouvaient servir à caractériser les Trèfles et les Luzernes du midi, ne sont plus maintenant, à ce point de vue, que des éléments d'une utilité tout à fait secondaire. La question, cependant, étant de grande importance, il fallait trouver une solution afin de faire, autant que possible, cesser les discussions et les contestations qui surgissaient à chaque instant. C'est alors que le Directeur de la Station d'essais de semences, M. Schribaux, justement préoccupé d'un semblable état de choses, me chargea d'essayer de résoudre le problème.

S'il existe actuellement un certain nombre de plantes adventices, utilisées avec succès autrefois et qui, maintenant, ne sont que d'un secours très limité par suite de l'aire énorme qu'elles ont couverte peu à peu, il en est d'autres cependant qui ne sauraient résister aux conditions climatériques très diverses correspondant à la totalité du sol cultivé de la France. On peut donc rechercher les limites actuelles des zones de végétation de ces plantes avec la certitude que, ces limites ne pouvant varier beaucoup, les conclusions tirées de la présence des semences de ces végétaux seront bonnes, aussi longtemps que les diverses conditions biologiques présidant à la répartition de ces plantes resteront les mêmes. Pour toutes ces raisons et d'autres encore qu'il serait fastidieux d'examiner ici, j'ai été amené à m'occuper spécialement des limites septentrionales actuelles d'une Légumineuse : le *Coronilla scorpioides* Koch.

D'après les indications tirées des flores les plus récentes, cette plante occupe une aire géographique assez étendue : M. Rouy dans sa Flore de France s'exprime à ce sujet de la manière suivante :

« Hab. Moissons et lieux cultivés dans tout le midi et à l'ouest jusques et y compris la Vendée, remonte à l'est jusqu'en Saône-et-Loire; dans le Centre jusqu'au Cher et à l'Indre-et-Loire. Corse : crique de Bonifacio (Fliche).

« Aire géographique. Région méditerranéenne de l'Europe et de l'Afrique : Asie-Mineure, Caucase, Perse, Syrie et Palestine ».

Antérieurement d'ailleurs, Lecoq (1856) donnait, en ce qui concerne les limites de l'extension de l'espèce les indications suivantes :

Sud, Chypre, 35° — Nord-France, 46° — Occident Portugal, 10° 0 — Orient Géorgie 46° E.

Ce qui nous intéresse étant la limite nord en France de la zone de végétation de cette plante et sa présence dans les champs de Trèfle et de Luzerne, j'ai cherché à obtenir des données plus précises. Les flores locales m'ont fourni bon nombre d'indications, mais comme depuis leur publication, la plante aurait pu se déplacer avec les cultures, j'ai eu recours également à l'obligeance des botanistes résidant dans les départements situés sur les frontières septentrionales de la zone habitée en France par le *Coronilla scorpioides*, ceci conjointement d'ailleurs avec l'étude attentive d'un grand nombre d'échantillons naturels de semences françaises (Trèfles et Luzernes) que j'ai examinés moi-même. Partout où je me suis adressé, j'ai rencontré la plus grande obligeance et je suis heureux d'exprimer, de nouveau ici, mes très vifs remerciements à tous ceux dont la collaboration m'a permis d'acquérir un certain nombre de précieuses indications (1).

Je résume ci-dessous les résultats que j'ai pu obtenir en adoptant l'ordre suivant : partant de l'extrême limite nord-ouest de la zone de végétation de la plante, je gagnerai l'est de la France pour revenir à mon point de départ après avoir, comme on va le constater, contourné entièrement le Massif Central.

Vendée. — *Le Coronilla scorpioides* se rencontre uniquement dans la Plaine méridionale. Les localités où la plante est signalée : Benet, Saint-Michel-le-Cloucq, Chaillé-les-Marais, Velluire, Saint-Pierre-le-Vieux près Maillezais, Mouzeuil près Nalliers, sont, d'une manière générale, situées à peu près toutes dans la région de Luçon et de Fontenay-le-Comte. Le *Coronilla scorpioides* n'y est d'ailleurs jamais très abondant ; les stations signalées par Lloyd depuis 60 ans ne se sont pas étendues. D'autre part, la plante est plus petite et moins vigoureuse que dans le midi.

Deux-Sèvres. — Lloyd indique cette plante comme assez commune ; Boreau dans sa Flore du Centre la signale à Thouars, Saint-Jouin, Air-

(1) *Correspondants :* MM. d'Alverny, Charrier, Château, Douteau, Durand, Félix, Hannezo, Abbé Hervier, Abbé Hy, de Kersers, Laurent, Le Gendre, de Litardière, Morel, Pascaud.

vault. Les renseignements que j'ai recueillis ne se rapportent qu'à la Gâtine où le *C. scorpioides* n'a jamais été rencontré par mon correspondant. Les graines de la plante n'ont d'ailleurs pas été trouvées dans les échantillons de Trèfle ou de Luzerne fournis par les cultivateurs du département. Il est vrai que les localités d'où ils nous ont été envoyés sont assez éloignées des stations signalées par Boreau ; elles sont cependant plus méridionales et situées tout à fait au sud de l'arrondissement de Parthenay ainsi qu'aux environs de Niort et de Saint-Maixent.

Maine-et-Loire. — Le *Coronilla scorpioides* est très rare en Anjou et ne se rencontre que dans quelques champs calcaires de l'arrondissement de Saumur : Vihiers, Doué, Puy-notre-Dame, Montreuil, Fontevrault (Boreau 1859), où d'ailleurs il n'apparaît que de temps à autre. Même remarque que ci-dessus en ce qui concerne les échantillons de Trèfle et de Luzerne. Une seule des localités d'où nous sont parvenues ces graines est située dans l'arrondissement de Saumur, tout à fait au sud.

Vienne. — Les diverses flores que j'ai consultées indiquent que la plante est ici relativement commune dans les moissons et les friches calcaires ; les stations citées sont les suivantes : Loudun, Poitiers, Saint-Benoît, Cissé, Vouillé, Auxances, Marmande, La Grand'Maison. Les graines n'ont pas été rencontrées dans les échantillons de semences des deux plantes fourragères dont nous nous occupons; et cependant bon nombre des localités d'où elles proviennent sont situées au voisinage des points où le *C. scorpioides* est signalé.

Charente. — La plante doit être assez commune dans le département.

L'un de mes correspondants m'indique qu'elle serait à rechercher dans le Confolentais vers Saint-Claud et Chasseneuil.

D'autre part, des échantillons de Trèfle venant de Vars, d'Anais, de Tusson, des Plans de Ruffec contenaient quelques graines de *C. scorpioides* parmi leurs impuretés naturelles.

Dordogne. — La plante paraît y être relativement assez répandue ; en tout cas, l'un des échantillons de Trèfle provenant de Rouffignac, canton de Signoulès, arrondissement de Bergerac, renfermait quelques graines de *Coronilla scorpioides*. Desmoulins d'ailleurs dans son catalogue des plantes de la Dordogne, indique que cette Coronille est commune dans les champs et les lieux cultivés.

Corrèze. — La plante semble être assez peu commune dans ce département. Elle a été signalée dans les stations suivantes, toutes situées d'ailleurs entre Brive et le Lot : Croix-Lagarde, commune de Noailles, Chasteaux, vallée d'Entrecor, Puy-de-Crochet. Aucun échantillon de Trèfle ou de Luzerne ne nous est parvenu de ce département.

Lot. — Les Flores locales signalent la plante à Rocamadour, Roque de Cor, Saint-Georges, les Cayssines près Cahors, Montcuq, Lissac canton de Figeac. Les très rares échantillons fournis par ce département ne contenaient pas de semences de *C. scorpioides*.

Aveyron. — A. Bras signale la plante comme étant assez rare et se

rencontrant dans les vignes et les champs cultivés. Les stations qu'il indique sont les suivantes : Arrondissement de Millaud : côte du Larzac, la Pomarède, pays maigre. — Arrondissement de Rodez : Le Cruounet. — Arrondissement de Saint-Affrique : Brocquies, Tournemire. — Arrondissement de Villefranche : moissons du plateau d'Ordiget, de la Bouisse, bois de la Gueste ; — Salvagnac-Cajarc : moissons du plateau de Cubèle, Asprière, Naussac, Sonnac. L'un des rares échantillons de Trèfle fournis par les cultivateurs de ce département et venant de Villefranche, contenait des graines de *C. scorpioides*.

CANTAL. — D'après Lamotte et le frère Heribaud, les stations de cette plante, rare dans le Cantal, se réduisent à quelques localités voisines d'ailleurs des départements du Lot et de l'Aveyron : Monmurot, Gratacap, Saint-Santin-de-Maurs.

HÉRAULT. — La plante est signalée comme étant très commune dans les champs cultivés. De même que pour le Cantal, il ne nous a été fait aucun envoi de Trèfle et de Luzerne.

GARD. — Pouzolz et Lamotte signalent cette plante aux environs de Nîmes, au Vigan, à Anduze, à Allais, à Saint-Ambroise. D'autre part, l'un des échantillons de Luzerne de ce département venant de Cornillon près Pont-Saint-Esprit, contenait des graines de *C. scorpioides* parmi ses impuretés. La plante est commune dans ce département, elle y possède un nom patois.

ARDÈCHE. — Les stations limites, données par Saint-Lager, sont les suivantes : Le Pouzin, la vallée de l'Ouvèze, Celle, et, du côté d'Aubenas, Vals et Mercuer. Un échantillon de Trèfle venant de la région de Chomérac, renfermait des graines de la plante. En 1897, Cariot et Saint-Lager signalent la présence de la plante sur toute la côte du Rhône, dans les vallées de l'Ardèche, de l'Ouvèze.

DRÔME. — Saint-Lager indique que dans la Drôme le *C. scorpioides* remonte vers Nyon, Crest, Barnave et Valence ; autre station : Saint-Nazaire (Cariot et Saint-Lager 1897).

HAUTES-ALPES. — Gap, Ribiers, Rosans, sont, toujours d'après Saint-Lager, les localités limites de l'aire d'extension de la plante dans ce département. Cariot et Saint-Lager (1897) indiquent encore comme station : Notre-Dame-du-Laus.

Les quelques échantillons de Trèfle et de Luzerne qui nous sont parvenus de Rosans, Lazer, renfermaient de nombreuses graines de *C. scorpioides*.

ISÈRE. — Saint-Lager signale ici, comme localités limites : Mens, Rochefort, Les Balmes de Claix, Comboire, Saint-Martin-le-Vinoux, stations groupées toutes d'ailleurs dans l'arrondissement de Grenoble, au sud de cette ville, dans le bassin du Drac, à l'exception de Saint-Martin-le-Vinoux qui se trouve un peu au nord de Grenoble sur la rive droite de l'Isère.

RHÔNE. — Dans le Rhône, la plante est très rare. Les Carpennes, Villeurbanne [Cariot et Saint-Lager (1897)]. Jamais d'habitude, d'après mon

correspondant, on ne la trouve dans les Trèfles et dans les Luzernes. Certaines années cependant, elle y a été signalée, mais fort probablement à la suite d'une introduction accidentelle, due à l'emploi de graines de provenance méridionale. D'une manière générale, elle ne tarde pas à se raréfier et à disparaître, à moins que la station où elle se trouve réunisse des conditions particulièrement favorables à son existence. Les graines de la plante n'ont pas été rencontrées parmi les impuretés naturelles des Trèfles et Luzernes de ce département.

Ain. — La plante n'est pas signalée dans l'Ain, cependant l'un de mes correspondants l'a rencontrée plusieurs fois entre Miribel et Montluel, dans les champs de Blé, le long d'une côtière particulièrement bien exposée. Les échantillons de Trèfle de l'Ain ne renferment pas, jusqu'à présent, les graines de la plante. Ce département ne nous a pas fourni de Luzerne.

Saône-et-Loire. — Trouvé accidentellement à Bourbon-Lancy puis à Marigny-sur-Loire, le *Coronilla scorpioides* ne s'est pas maintenu dans ces stations. Jamais d'ailleurs, d'après mon correspondant, la plante n'a été rencontrée dans les luzernières et les champs de Trèfle.

Loire. — La plante n'est pas signalée dans ce département, tout au moins, les flores que j'ai consultées ne l'indiquent-elles pas. (Le Grand, Statistique botanique du Forez 1873 ; Cariot et Saint-Lager, Flore descriptive du bassin moyen du Rhône et de la Loire 1897).

D'autre part, aucun des nombreux échantillons de Trèfle examinés ne renfermait de semences de cette plante.

Allier. — Le *Coronilla scorpioides* a été signalé autrefois au Pont de la Chambrière près Montluçon. Cette station est actuellement détruite.

Nièvre. — La plante n'a pas été signalée dans ce département.

Loiret. — Franchet indique que le *C. scorpioides* a été rencontré à Baccon. Il s'agit probablement d'une apparition accidentelle. En tout cas les nombreux échantillons de Trèfle et de Luzerne provenant de ce département n'ont, jusqu'à présent, jamais présenté les graines de cette plante parmi leurs impuretés.

Loir-et-Cher. — Le *C. scorpioides* n'a pas été signalé dans ce département. Les graines d'ailleurs ne figurent pas parmi les impuretés des Trèfles ou Luzernes qui proviennent de cette région.

Cher. — Le *Coronilla scorpioides* y est rarissime. Il a été signalé autrefois par Boreau à Saint-Michel, Bourges, Etrechy [Etrechy près Osmery (A. Le Grand : Flore du Berry)], Morthomiers, la Chapelle-Saint-Ursin. A. Le Grand, dans sa Flore du Berry et dans le supplément de cette Flore, y ajoute quelques autres localités ; il était, paraît-il, abondant il y a une quinzaine d'années entre le camp d'Avor et Farges-en-Septaine et a été récolté à Baugy dans un champ rocailleux où jamais Trèfles et Luzernes ne sont semés. D'après l'un de mes correspondants il faut remarquer que, d'une manière générale, les lieux où la plante a été observée sont des stations tout à fait infertiles et renommées en Berry pour les nombreuses plantes méridionales qu'on y trouve ; elle ne saurait se rencontrer sur les

sols où l'on pratique la culture des prairies artificielles. A. Le Grand l'indique comme très rare (R. R.) dans les moissons. La plante, en somme, peut exister dans le Berry, mais seulement à l'état de très grande curiosité botanique et sans aucune importance pratique. Jamais je n'ai trouvé ces graines dans les échantillons de Trèfle ou Luzerne que j'ai eu à examiner.

Indre-et-Loire. — Le *Coronilla scorpioides* a été signalé en divers points : Antogny, Ports, Marcilly, de l'Ile Bouchard à Richelieu, Chinon. Toutes ces stations sont situées dans l'arrondissement de Chinon et, à l'exception de cette localité, entre le cours de la Vienne et le département du même nom.

Me voici revenu à peu près à mon point de départ, puisque j'ai déjà examiné la répartition du *Coronilla scorpioides* dans les départements de la Vienne et de Maine-et-Loire. J'ai donc décrit, autour du Massif Central, et en suivant d'une manière aussi rigoureuse que possible la répartition de la plante, un cercle complet, à l'intérieur duquel elle n'existe pas ou aurait tout au plus une existence éphémère. Une exception doit cependant être faite en faveur du Puy-de-Dôme, où le frère Héribaud signale les stations suivantes : versant sud de la terre du Crest, en face de St-Amand-Tallende, Puy-de-Barnère, St-Saturnin, St-Sandoux. La plante y est d'ailleurs rare.

Au point de vue pratique, voici quelles sont les conclusions qui semblent devoir se dégager de l'étude précédente. Je pense qu'il n'y a pas lieu de tenir compte de la portion septentrionale du cercle, s'étendant du sud de l'Isère à la Vendée ; car, d'une manière générale, la plante n'y existe plutôt qu'à l'état de rareté et, là même où elle est signalée comme assez commune, elle ne paraît pas l'être suffisamment au point de vue qui nous intéresse puisque, jusqu'à présent, je n'ai jamais rencontré ses graines dans les échantillons naturels de Trèfle et de Luzerne que j'ai eu à examiner. Il en est de même pour le département du Puy-de Dôme. Une exception pourrait peut-être avoir lieu pour le département de la Vendée, où l'an dernier, la récolte a été si mauvaise que nous n'avons pas pu nous procurer d'échantillons auprès des producteurs. Cette exception d'ailleurs ne paraît pas devoir se justifier d'après les quelques résultats obtenus cette année, tout au moins en ce qui concerne les Trèfles : aucun des centres de production n'est situé dans la zone où le *C. scorpioides* peut se rencontrer ; la seule localité de cette région : Chaume, Commune de Ste-Hermine, nous a fourni

un échantillon de Trèfle complètement dépourvu de graines de *C. scorpioides*. Enfin, l'état de végétation plutôt chétif de la plante dans ce département rend bien aléatoire la présence de ses semences parmi les impuretés naturelles des Trèfles et des Luzernes. Elle est tout aussi improbable dans le département d'Indre-et-Loire pour ces deux Légumineuses fourragères. Cependant, il faut noter que les centres de provenance de ce département, s'ils sont situés, pour la plupart, en dehors de la zone où le *Coronilla scorpioides* peut se trouver, peuvent aussi exister dans cette zone (Ligié, Marigny-Marmande) et, malheureusement nous n'avons rien reçu des deux localités précédentes. Il est vrai qu'un échantillon provenant de Chinon, point où le *Coronilla scorpioides* est signalé comme étant commun par Boreau, ne renfermait pas trace de semences de *C. scorpioides*. Quant à la Vienne, où la plante est commune ou assez commune, je rappelle qu'aucun des échantillons de Trèfle et de Luzerne, même provenant de points voisins de stations occupées par le *Coronilla scorpioides*, n'a présenté les semences de cette plante parmi ses impuretés. Peut-être convient-il d'attendre les résultats de l'examen de la nouvelle récolte (examen auquel je procède actuellement) avant de se prononcer sur les probabilités d'existence ou d'absence des graines de cette Coronille dans les Trèfles et Luzernes de ce département. Même remarque pour les Deux-Sèvres.

La moitié méridionale du cercle, contournant au sud le Massif-Central, de la Charente à la Drôme, doit au contraire être considérée, au point de vue pratique, comme la limite septentrionale des régions où les Trèfles et Luzernes sont presque à coup sûr, suceptibles de compter les semences de *Coronilla scorpioides* au nombre de leurs impuretés. C'est ainsi que, parmi les départements situés au sud de cette zone, tous ceux dont les producteurs répondirent à notre appel, ont fourni des échantillons qui fréquemment, à de rares exceptions près, renferment des graines de cette Coronille. L'enquête en cours sur la nouvelle récolte confirmera très probablement ces résultats et peut-être les précisera-t-elle davantage, grâce aux échantillons que nous fourniront les départements qui, l'an dernier, n'avaient pu le faire.

Un résultat d'un autre ordre se dégage de l'examen des régions limites de la végétation en France du *Coronilla scorpioides*. Il est

bien certain que l'absence de la plante dans le Massif Central (stations du Puy-du-Dôme mises à part) tient en partie à ce fait que les conditions météorologiques ne répondent plus aux besoins de cette plante ; mais il est une autre cause, peut-être plus importante encore, agissant pour déterminer d'une manière très nette la répartition limite du *Coronilla scorpioides*, cause qui est en relation avec les exigences de la plante : la structure même du sol de la

Fig. 1. — J, Jurassique. — C, Crétacé. — M, M. limite nord de la culture du Maïs. Stations où le *Coronilla scorpioides* a été signalé, — ::: Stations où il a été rencontré, mais où il est ± fugace.

France. Si, ayant indiqué sur une carte, aussi rigoureusement que possible la position géographique des stations énumérées plus haut, ou superpose cette carte à une carte géologique tracée à la même échelle, on remarque immédiatement que la très grande majorité des localités où la plante a été signalée, se placent alors sur la frange des terrains secondaires qui encercle le Massif Central. J'ai essayé d'obtenir une précision plus rigoureuse, en examinant la situation respective de chacune des stations sur les cartes géologiques détaillées, et j'ai constaté que c'est en grande partie sur la portion jurassique de cette frange que se placent de préférence la plupart d'entre elles. Cette coïncidence acquiert parfois un degré de

précision remarquable. Viennent ensuite les terrains crétacés. Les stations sont beaucoup plus rares sur les affleurements des autres formations géologiques.

Avec ces données et comme conclusion pratique de ce travail, je pense qu'on pourrait considérer, en ce qui concerne la production des Trèfles et Luzernes, comme méridionales toutes les régions situées au sud de la frange jurassique, s'étendant inclusivement de la Charente à la Drôme et laissant au nord de cette limite le Rouergue et la montagne noire. Il n'y a d'ailleurs là, de ma part, qu'un simple avis : un rapport prochain devant discuter rigoureusement les causes qui militent en faveur de cette manière de voir.

J'ai indiqué, sur la carte ci-jointe, l'emplacement des stations limites et leur correspondance avec la bordure secondaire du Massif Central. Bien entendu, sur une carte aussi petite, il est impossible de respecter d'une manière rigoureuse l'enchevêtrement des dépôts géologiques et surtout leurs affleurements en îlots souvent très étroits ; mais cependant la précision est, je pense, suffisante pour qu'on puisse en dégager très nettement l'allure générale des stations septentrionales limites occupées, en France, par le *Coronilla scorpioides*. J'ai tracé également une portion de la courbe limite de la culture du Maïs et l'on remarquera qu'il existe une certaine coïncidance entre cette portion de courbe et la répartition de la plupart des stations signalées plus haut.

Je me propose, prochainement, de compléter ce travail, en recherchant comment la plante se répartit dans le bassin de la Garonne et de quelle manière la chaîne des Pyrénées influe sur sa répartition géographique dans le midi de la France.

SUR L'ANATOMIE
DE LA FLEUR DU *PASSIFLORA CÆRULEA* L.

par M. Jean FRIEDEL

Docteur ès sciences.

Il est inutile de décrire l'aspect extérieur bien connu de la fleur de *Passiflora cærulea*. Je me contenterai de renvoyer à la figure 1 qui représente une coupe longitudinale passant par l'axe de la fleur et de rappeler brièvement les dispositions suivantes :

Le pédoncule porte 3 bractées *(br)* un peu au-dessous du calice.

Le calice se compose de 5 sépales *(s)*, la corolle de 5 pétales *(p)* ; au-dessus de la corolle se trouve une sorte de couronne rayonnante formée de curieux appendices *(ac)*, en lanières finement découpées. Comme on peut s'en rendre compte d'après la figure, la couronne comprend quatre rangées d'appendices dont trois sont bien développées; les appendices de la deuxième rangée à partir de l'extérieur sont très petits.

Les trois enveloppes florales : calice, corolle et couronne sont soudées entre elles par une partie commune; notons en passant ce point qui aura une certaine importance pour l'étude de la marche des faisceaux.

Au-dessus du réceptacle qu'entourent les enveloppes florales s'élève un thécaphore *(th)* qui porte non seulement l'ovaire, comme dans les fleurs d'un grand nombre de plantes, mais encore les étamines. Ce thécaphore n'est donc pas comparable à celui de *Lunaria biennis* ou de *Capparis spinosa*, par exemple, qui correspond à l'allongement de l'entre-nœud compris entre les étamines et les carpelles.

Il y a 5 étamines *(et)* qui se raccordent à la partie supérieure du thécaphore.

L'ovaire *(ov)* est formé de 3 carpelles à placentation pariétale ; il porte 3 petits styles terminés chacun par une tête stigmatique globuleuse recouverte de papilles *(stg)*, assez analogue aux stigmates d'*Hibiscus*. L'examen extérieur de la fleur montre déjà qu'elle est constituée suivant deux types différents : le type 3 et le type 5 puisqu'il y a 3 bractées, 3 carpelles avec chacun son style, 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines. Nous allons voir que l'anatomie de la fleur repose essentiellement sur l'alternance de ces deux types et le passage de l'un à l'autre.

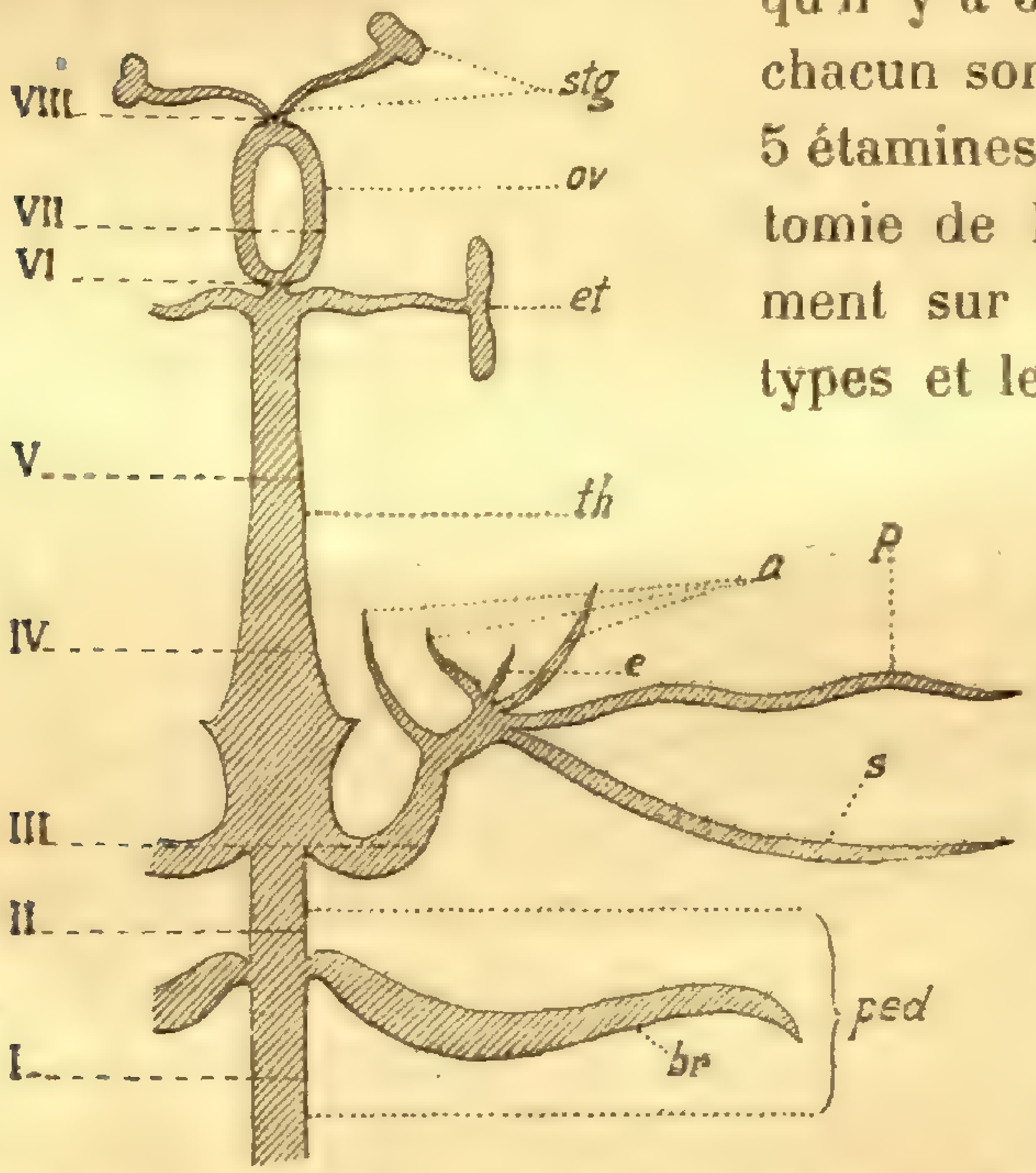


Fig. 1. — Coupe longitudinale d'une fleur de *Passiflora cærulea*.

ped, pédoncule ; *br*, bractée ; *s*, sépale ; *p*, pétale ; *a*, appendice de la couronne ; *e*, émergence de la couronne ; *th*, thécaphore ; *et*, étamine ; *ov*, ovaire ; *stg*, stigmates.

Pour simplifier l'exposé, je vais supposer que l'on examine successivement de bas en haut une série de coupes transversales pratiquées dans les régions les plus intéressantes, en commençant au pédoncule un peu au-dessous des bractées et en allant jusqu'au sommet de l'ovaire. Dans la plupart des cas, je décrirai ce que l'on observe chez une fleur fraîchement épanouie, parfois il y aura lieu de comparer soit avec de très jeunes boutons, soit avec une fleur flétrie, soit avec un fruit.

Pratiquons une coupe dans le pédoncule un peu au-dessous des bractées en I (voir fig. 1), nous aurons la disposition représentée schématiquement sur la figure I de la planche 10. On observe un cylindre central en triangle avec trois faisceaux principaux occupant les angles. Les côtés du triangle sont formés de petits faisceaux en nombre variable suivant le point exact où passe la coupe. Les trois grands faisceaux placés aux angles du triangle présentent un grand nombre de vaisseaux lignifiés, même chez un jeune bouton. Vers le

pôle ligneux, on remarque un grand nombre d'éléments en voie de régression. Les autres faisceaux ont un nombre de vaisseaux beaucoup moindre et présentant toujours nettement le caractère de formations secondaires. Sur une coupe pratiquée dans le pédoncule d'une fleur en train de s'épanouir, on compte, par exemple, une quarantaine de vaisseaux fonctionnels dans l'un des faisceaux d'angle, vingt vaisseaux seulement dans le plus grand des faisceaux occupant les côtés du triangle. Dans le pédoncule de la fleur, la moelle n'est pas sclérifiée, il n'y a pas de formations secondaires lignifiées en dehors des faisceaux, seulement parfois un peu de fibres péricycliques formant des arcs couronnant le liber. Dans le pédoncule du fruit, les faisceaux qui occupent les côtés du triangle forment des bandes continues dans lesquelles il n'est plus possible de distinguer chaque faisceau, les grands faisceaux des angles restent bien nets. Remarquons que, si, chez la jeune fleur que nous étudions, nous coupons le pédoncule beaucoup plus bas, au point où il se rattache à la tige, nous ne trouverons plus la disposition en triangle mais une disposition en cercle avec sept faisceaux dans un cylindre central entièrement sclérifié.

Des coupes très rapprochées les unes des autres montrent que les trois faisceaux occupant les angles du triangle passent chacun dans une bractée, le cylindre central, d'abord nettement triangulaire, prend une forme arrondie et présente une symétrie étoilée parfaite. On y remarque 16 faisceaux inégalement riches en vaisseaux et disposés en alternance. Un peu plus haut, les faisceaux les moins vascularisés passent légèrement à l'intérieur et l'on a deux cercles concentriques de 8 faiceaux chacun (pl. 10, fig. II — la coupe passe en II sur la fig. 1). C'est la structure du pédoncule au-dessus des bractées. Si l'on fait de nouvelles coupes en se rapprochant du calice, on constate que, dans chacun des cercles, deux faisceaux se dédoublent et que juste au-dessous du calice, on a un pédoncule avec deux cercles concentriques de 10 faisceaux chacun.

Au niveau où nous sommes arrivés maintenant, nous allons observer une transformation très compliquée, par suite de laquelle ces 20 faisceaux rangés sur deux cercles concentriques vont fournir tous les éléments des systèmes fasciculaires appartenant aux trois enveloppes florales et au réceptacle avec tout ce qu'il supporte : thécaphore, étamines et ovaire.

Un peu au-dessous du calice, le pédoncule, comme nous l'avons

vu plus haut, présente deux cercles concentriques de 10 faisceaux chacun. Les faisceaux du cercle extérieur passent dans les enveloppes florales, soudées à la base, les faisceaux du cercle intérieur restent dans l'axe de la fleur et vont alimenter les étamines et l'ovaire supporté par le thécaphore.

Il est assez délicat de suivre la manière dont se fait le passage : pour bien s'en rendre compte, après avoir observé des coupes pratiquées dans la fleur prête à s'épanouir (voir pl. 10, fig. III), il faut examiner de très jeunes boutons. Dans le haut du pédoncule de ces jeunes boutons, lorsque les faisceaux du cercle extérieur sont déjà très riches en vaisseaux lignifiés, les faisceaux du cercle intérieur sont beaucoup moins différenciés et, lorsque les faisceaux des deux cercles se rapprochent les uns des autres, il est impossible de les confondre.

Les dix faisceaux du cercle externe passent intégralement dans la région commune aux trois enveloppes florales sans s'être divisés auparavant. Le cercle interne se rompt de manière à former un pentagone dont les sommets sont dirigés vers cinq des faisceaux du cercle extérieur. Les dix faisceaux du cercle extérieur se sont divisés en un grand nombre de petits faisceaux. Vers les sommets du pentagone, deux de ces petits faisceaux vont à l'extérieur, se rapprochent beaucoup des grands faisceaux du cercle externe, en restant toujours à l'intérieur de ce cercle, puis ils se soudent et forment les faisceaux staminaux. Un faisceau staminal formé ainsi par l'accolement de deux faisceaux normaux à structure superposée prend une structure concentrique : les deux faisceaux étant réunis par le bois, le bois se trouve entouré de liber. Plus haut, on reconnaît cette disposition jusque dans la région où les filets des étamines sont individualisés.

Le pentagone, provenant du cercle intérieur du pédoncule diminué des petits faisceaux qui ont passé dans les étamines, reprend plus haut une forme sensiblement circulaire, puis il devient un triangle (pl. 10, fig. IV). Chez une fleur prête à s'épanouir, on distingue aisément trois faisceaux principaux occupant les angles, et des faisceaux plus petits le long des côtés. Chez un très jeune bouton, les faisceaux des angles présentent seuls des vaisseaux lignifiés, les autres faisceaux ne sont pas encore différenciés. La disposition du cylindre central triangulaire rappelle tout à fait ce que nous

avons observé dans le pédoncule, un peu au-dessous des bractées (pl. 10, fig. I). Autour du triangle, on voit les cinq faisceaux de structure concentrique qui passeront dans les étamines.

Une coupe pratiquée en V (fig. 1) dans la région supérieure du thécaphore montre cet organe séparé des faisceaux staminaux ; il est entouré par une sorte de gaine dans laquelle on voit nettement ces cinq faisceaux (pl. 10, fig. V). En coupant le filet d'une étamine dans la région où les étamines deviennent indépendantes, on trouve un faisceau unique à bois entouré de liber, et on reconnaît aisément sa continuité avec l'un des faisceaux staminaux dont nous avons observé la naissance à la base du réceptacle.

Une coupe pratiquée en VI (fig. I) juste à la base de l'ovaire montre toujours le triangle observé dans le thécaphore, on revoit nettement les trois faisceaux principaux qui occupent les sommets (pl. 10, fig. VI). Les faisceaux qui forment les côtés du triangle dans le thécaphore se sont déplacés et se disposent maintenant en un triangle nouveau dont les sommets s'intercalent entre ceux du premier. Sur la figure, j'ai réuni en pointillé les sommets de manière à tracer les triangles; on a ainsi une sorte d'étoile à six branches formant à peu près un hexagone étoilé. Une coupe passant légèrement au-dessus de celle qui vient d'être décrite, mais n'intéressant pas encore la cavité carpellaire montre que les trois faisceaux occupant les sommets du nouveau triangle se divisent chacun en deux masses fasciculaires superposées. L'aspect de l'ensemble de la coupe est celui d'un triangle inscrit dans un hexagone. Une coupe abordant nettement l'ovaire montre que les trois gros faisceaux formant les angles du triangle principal que nous avons suivis depuis le thécaphore constituent chacun la nervure médiane d'un carpelle. Les trois faisceaux doubles qui forment les sommets du second triangle et qui, comme nous l'avons vu, proviennent des côtés du triangle primitif, se placent, au contraire, suivant les lignes de suture des carpelles en face du placenta (pl. 10, fig. VII). La masse fasciculaire interne des faisceaux doubles assure la nutrition des ovules. Des coupes pratiquées dans des fleurs flétries ou dans des fruits montrent que la masse fasciculaire externe des faisceaux placentaires se divise en fines ramifications qui servent à nourrir la paroi de l'ovaire.

La coupe VIII (fig. 1) passant vers l'extrémité supérieure de l'ovaire ne montre plus que trois faisceaux disposés en triangle :

les trois faisceaux des nervures médianes des carpelles, les trois faisceaux d'angle du thécaphore (pl. 10, fig. VIII). Chacun de ces faisceaux passe dans l'un des trois styles.

Ainsi, nous avons suivi depuis leur origine les faisceaux qui, après toutes sortes de transformations, aboutissent soit aux anthères, soit aux stigmates. Pour rendre l'exposé plus clair, j'ai supposé qu'on observait la fleur de bas en haut. On aurait pu tout aussi bien prendre une à une les diverses feuilles florales et montrer comment leurs faisceaux s'unissent pour former le système fasciculaire de la fleur. On voit aisément que tout ce qu'on trouve dans le thécaphore proprement dit provient des trois feuilles carpellaires, que plus bas les faisceaux staminaux viennent s'y ajouter, qu'à la base du réceptacle enfin, on retrouve les faisceaux qui proviennent des enveloppes florales réunies entre elles par une partie commune présentant dix grands faisceaux. On voit donc que, bien que l'axe floral soit ici matérialisé par le thécaphore, cet axe n'a pas de réalité anatomique puisque tous ses éléments fasciculaires se rattachent sans aucune difficulté à ceux des feuilles florales.

Il n'y a rien de très particulier à dire sur les sépales et les pétales qui ont une structure foliaire très normale mais sans tissu palissadique. Dans les sépales, le tissu lacuneux est très développé. Les sépales et les pétales ont un grand nombre de faisceaux libéroligneux très normaux. Les lanières rayonnantes qui forment la couronne, à l'exception des plus petites qui ne semblent jamais contenir de faisceaux, sont de véritables appendices contenant chacun un faisceau ; ce faisceau est tout à fait semblable à l'un des nombreux faisceaux des pétales.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 10

Fig. I. — Coupe du pédoncule au-dessous des bractées.

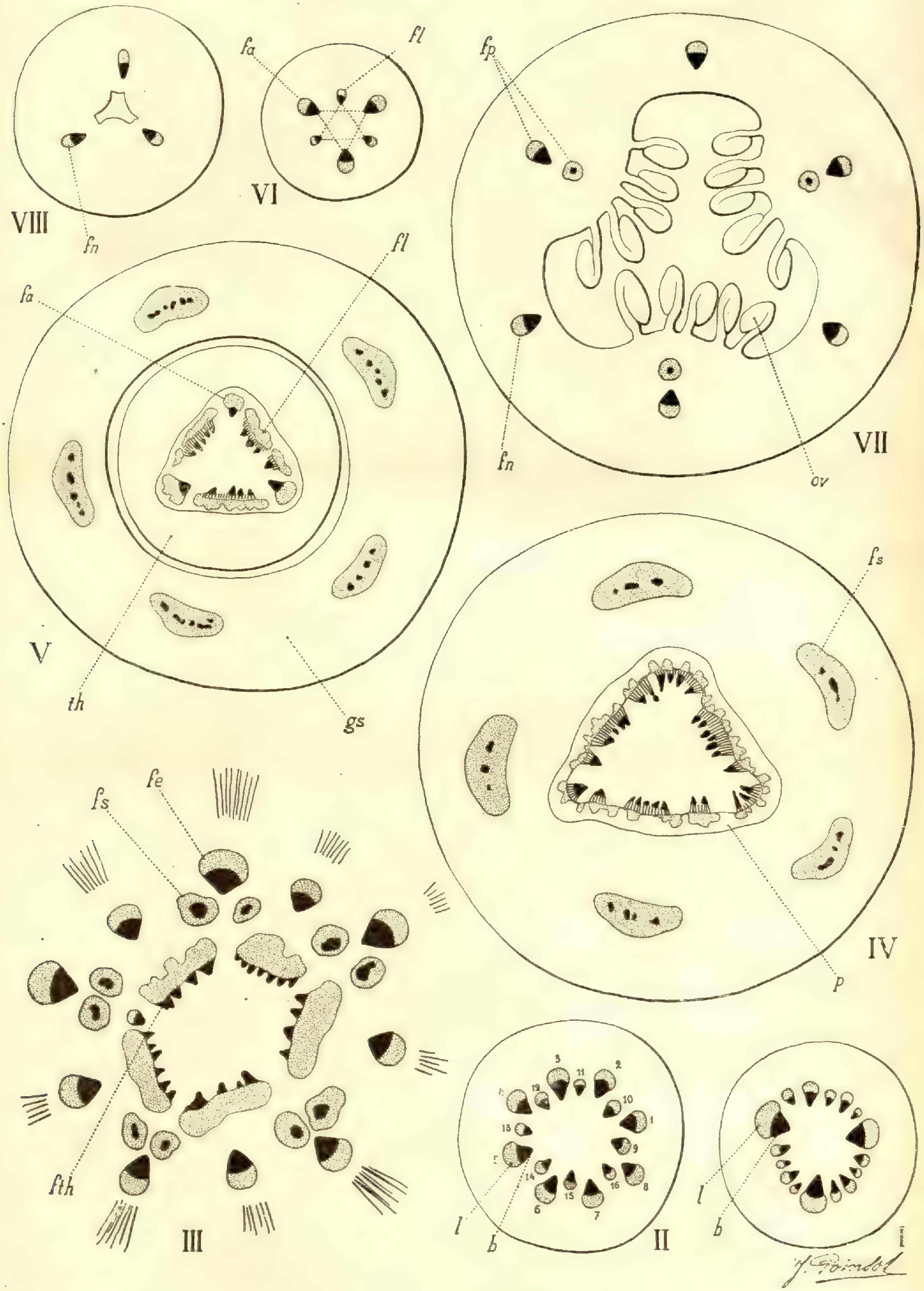
Fig. II. — Coupe du pédoncule au-dessus des bractées, *b*, bois, *l*, liber.

Fig. III. — Coupe à la base du réceptacle. *fth*, faisceaux qui passeront dans le thécaphore ; *fs*, faisceaux qui passeront dans les étamines ; *fe*, faisceaux provenant du cercle externe du pédoncule et qui passeront dans les enveloppes florales.

Fig. IV. — Coupe pratiquée dans la partie inférieure du thécaphore ; *p*, péricycle ; *fs*, faisceaux staminaux.

Fig. V. — Coupe pratiquée dans la partie supérieure du thécaphore ; *th*, thécaphore ; *fa*, faisceau angulaire ; *gs*, gaine staminale ; *fl*, faisceau latéral.

Fig. VI, VII et VIII. — Coupes pratiquées dans l'ovaire à la base, au milieu et au sommet ; *fa*, faisceau provenant d'un faisceau angulaire du thécaphore ; *fl*, faisceau provenant d'un faisceau latéral ; *fn*, faisceau de la nervure principale ; *fp*, faisceau placentaire ; *ov*, ovule.



J. Poinsot del. Bertin et Cie, sc.

Anatomie de la fleur du Passiflora cærulea L.

SUR LES EFFETS DU PARASITISME DU BRUCHE DE LA FÈVE

Par M. Edmond GAIN

Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Nancy

Directeur du Jardin botanique de Nancy.

Les affirmations les plus contradictoires ont été formulées relativement à l'influence des Bruches qui se développent dans les graines des Légumineuses.

Certains auteurs français ont été jusqu'à nier que les Bruches représentent une cause de dépréciation pour les semences (1). En Amérique, là où des invasions graves de Bruches ont sévi pendant plusieurs années successives, on a admis que le bruche pouvait produire une diminution de vitalité et de productivité des semences (2).

Les expérimentateurs qui ont voulu se faire une opinion sur la

(1) Poitou, (*A. F. A. S.* Congrès de 1897).

Decaux, entomologiste estimé, parlant des Bruches des Haricots, dit : « La présence de la larve, loin de nuire au développement du Haricot, lui est plutôt utile, car elle détermine une irritation locale amenant une exubérance de sève. Aussi la graine attaquée est-elle presque toujours plus grosse et plus tôt mûre que les autres graines saines contenues dans la gousse. » (in *Bull. de la Soc. d'acclim.* N° 1, 1896. p. 8).

La grosseur d'une graine n'étant pas le critérium suffisant de sa valeur germinative et biologique, il nous semble que la question de la dépréciation reste entière.

(2) *Entomologist Monthly Magasine*. XXII, 1845, p. 114. — *Country gentleman*, 14 août 1879. p. 519.

Trans. of the Soc. for the Encouragement of Domestic Industry, fév. 1861, p. 62.

F. H. Chittenden, Some little-known insects affecting stored vegetable products 1897.

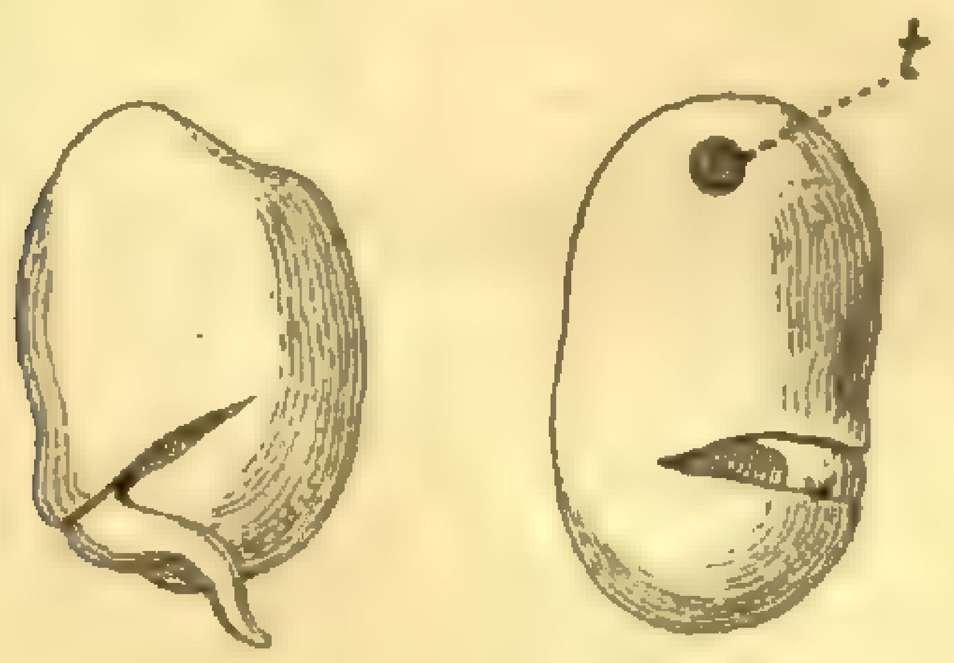
question ont généralement opéré de la façon suivante : Dans un lot de semences on a pris N graines bruchées et N graines non bruchées. Ces graines mises en terre ont donné des récoltes dont on a comparé les poids respectifs, ordinairement sans entrer dans les détails de l'expérience. En opérant avec plusieurs centaines de graines, par lot, on a généralement des résultats peu différents pour les deux types de semences. Parfois même le lot des graines bruchées donne un rendement égal ou supérieur à celui des graines non bruchées. Dans nos expériences (1) le poids moyen des plantes obtenues avec les graines bruchées est souvent notablement inférieur. Mais il subsiste que, dans d'autres expériences, le poids moyen n'est pas amoindri chez les plantes récoltées. Il s'agit d'interpréter et d'expliquer ces discordances. Nous croyons y arriver dans le présent Mémoire. Deux causes d'erreur sont susceptibles de troubler les résultats, c'est d'une part l'hérédité de la graine choisie pour l'expérience, d'autre part les phénomènes de sélection naturelle qui résultent du parasitisme des Bruches.

Action apparente du Bruche sur la graine. L'insecte produit d'abord une piqûre de la jeune graine, c'est-à-dire une blessure d'un tissu en voie de croissance. Plus tard la larve mutile largement les réserves cotylédonnaires, alors qu'elles sont en état de vie plus ou moins active ou ralentie. Cette mutilation peut exercer une action effective qui varie suivant la proportion de tissu détruit, par rapport à ce qui reste de tissu sain. Dans certaines graines très petites les conséquences de cette destruction des réserves sont graves. L'action de dépréciation varie aussi suivant que la cicatrisation est plus ou moins rapide et plus ou moins parfaite. En comparant, à cet égard, de nombreuses graines mises à germer, nous avons constaté que chez certaines graines renfermant le cadavre de l'insecte parfait, il se produit sur le pourtour de la loge de l'insecte une zone d'infection, visible soit sous la forme d'une tache noire plus ou moins étendue, soit sous la forme d'une destruction des réserves par putréfaction. Pour une grosse graine de Fève la quantité des réserves détruites s'est montrée dans certains cas vérifiés, de 25 °/₀ du total, jusqu'à 40 °/₀, et dans une graine de lentille de 75 °/₀. Pour fixer ce chiffre on a assaini les cavités par un lavage rude, et l'on y a appliqué des morceaux de

(1) *C. R. Ac. des Sc.* 19. VII. 1897. Ed. G.

cotylédons empruntés à la graine, et s'adaptant bien dans les loges agrandies par la putréfaction. On a pesé à part ces fragments.

Pratiquement, une Fève mutilée de 1/4 de ses réserves a son rendement très diminué. Une graine n'ayant qu'un insecte parasite dont la loge est bien cicatrisée ne représente au contraire qu'une perte de 1/70 à 1/20 du poids de la graine de Fève. Les graines bruchées ont une exosmose de principes solubles qui peut être double de l'exosmose des graines saines. C'est encore un épuisement défavorable à la graine (E. G. loc. cit.). Par suite des influences précédentes on peut admettre l'hypothèse que la semence n'a plus



1 2

Fig. 1. — Germination comparée d'une Fève bruchée (2) et d'une Fève non bruchée (1). *t.* entrée de la loge où se trouvait la Bruche.

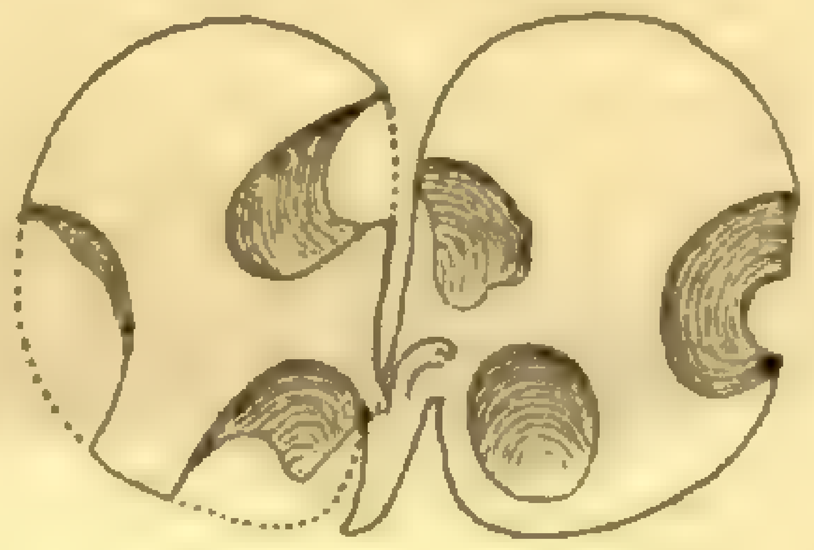


Fig. 2. — Dommage produit par trois Bruches parasites d'une graine de Fève des marais.

Une mauvaise cicatrisation des parois des loges des insectes a permis la destruction de 1/4 du poids des réserves, avant la fin de la période germinative.

qu'une vitalité générale amoindrie et que cette diminution pourrait laisser une trace dans sa descendance. Ce serait là un effet non apparent et qui s'ajouterait aux précédents. Supposons qu'il en soit ainsi, c'est-à-dire que l'influence du Bruche puisse laisser une trace héréditaire, et représentons par B une génération de graine bruchée, et par S une génération de graine non bruchée. Les passés héréditaires de ces deux graines peuvent être très variés, et notamment du type

(lignée 1) S. S. S. S. B et

(lignée 2) B. B. B. B. S.

En semant les deux semences (B lignée 1, S lignée 2) qui terminent ces lignées, on comprend que les résultats obtenus pourront être en faveur de la première lignée, et confirmer néanmoins l'action dépréciative des Bruches. Dans l'hypothèse que nous avons faite, la graine non bruchée, de la deuxième lignée, en réalité n'est pas une

graine saine, puisque son hérédité comporte plusieurs générations de graines bruchées.

Établir une comparaison des rendements de B et de S sans tenir compte du passé héréditaire de ces graines, c'est donc s'exposer aux résultats les plus contradictoires, s'il y a influence héréditaire du Bruche.

I. — Hérédité.

Le problème à résoudre préalablement c'est donc d'essayer d'établir si, dans une lignée de plusieurs générations successives, on voit se manifester une preuve de l'influence héréditaire du Bruche. Nous avons suivi ainsi plusieurs lignées de types différents dont nous retiendrons surtout la comparaison des types extrêmes. Ils sont indiqués dans le tableau suivant avec les numéros du carnet d'expériences sur les fèves bruchées.

FÈVES DES MARAIS

Année 1896.	Graines d'origine inconnue	
Année 1897.	S N° 1	B N° 3
Année 1898. . . .	S N° 50	B N° 53
Année 1899. . .	S N° 217	B N° 229
Année 1900. .	S N° 452	B N° 462

Le choix des graines de 1897 a commencé avec 60 graines de chaque lot, choisies rigoureusement semblables en poids. Dès la génération suivante, la nécessité d'opérer avec des graines semblables en poids a limité le nombre des semences qui pouvaient être choisies. Le nombre a baissé successivement de 60 à 25, puis 10, enfin 6. Comme nous l'expliquerons ci-après, une sélection naturelle produit la disparition d'une certaine proportion des plantes qui sont issues de graines bruchées pendant 2 ou 3 générations. Le choix artificiel est donc rendu plus difficile.

Voici les faits les plus saillants de cette expérience continuée pendant quatre années.

I. — L'action du Bruche paraît renforcée lorsque plusieurs générations successives sont infectées. On voit en effet s'exagérer le

nombre des graines bruchées qui n'arrivent pas à donner une plante adulte fertile.

Cette conclusion résulte des chiffres suivants :

PROPORTION DES FÈVES
QUI DONNENT DES PLANTES ADULTES FERTILES

ANNÉES	Nos DES LOTS	GRAINES S	Nos DES LOTS	GRAINES B
1897	1	96 °/o	3	78 °/o
1898	50	100 °/o	53	80 °/o
1899	217	90 °/o	229	30 °/o
1900	452	83 °/o	462	0

Nous devons mentionner, en 1899 et en 1900, une attaque de Rouille de la Fève *(Uromyces Fabæ)* qui a été constatée dans tous les lots mis en expériences. Faut-il pour cette raison considérer les résultats généraux de l'expérience comme viciés dans leur nature qualitative? Nous ne le croyons pas.

Le lot n° 452 en effet, malgré la Rouille, a donné 5 plantes sur 6, très bien venues et très fertiles. Le lot n° 462 n'a donné que 3 plantes malingres et souffreteuses *toutes stériles* avec une seule gousse pesant 0 gr. 67. Il est possible que l'*Uromyces* soit, en partie, un des éléments actifs de la dégénérescence des plantes du lot n° 462 et du lot n° 452, mais il ne peut être question d'admettre que la dégénérescence du n° 462 n'est pas, *en partie principale,* l'œuvre certaine du parasitisme des Bruches.

Pour répondre à cette imperfection de l'expérience nous aurions voulu reprendre une expérience nouvelle de cinq années. C'est ce qui explique que nous avons différé la publication de ce Mémoire depuis treize ans. Les circonstances nous en ayant empêché, nous pensons que d'autres expérimentateurs pourront reprendre une expérience de vérification que nous n'avons pu faire. Nous considérons la Fève et la Lentille comme les plus propres à l'expérimentation.

Ainsi nous formulons la conclusion suivante :

Après 4 ou 5 générations successives de graines bruchées, les six pieds de Fèves mis en expériences en 1900 n'ont pas donné de graines. Il y a donc une sorte de renforcement héréditaire de l'action dépréciative du Bruche.

II. — Le poids moyen d'une plante a été en diminuant aussi, assez brusquement, en 1898, pour les graines bruchées.

ANNÉES	POIDS MOYEN D'UNE PLANTE ADULTE RÉCOLTÉE (Plantes stériles et fertiles réunies)		VALEUR APPROCHÉE DU RAPPORT B/S
	GRAINES S	GRAINES B	
1897	45gr,68	48gr,72	1
1898	62gr	30gr,5	5/10
1899*	44gr,1	18gr,2	4/10
1900*	43gr	13gr,1	3/10

Il apparaît donc que le rendement et la vitalité des Fèves bruchées diminue progressivement de génération en génération, pour s'éteindre même au point de vue fertilité, vers la 4e à la 6e génération. En disant 4e à 6e nous tenons compte des possibilités du passé de la graine antérieurement à 1897 et de l'action, supposée et convergente, de l'*Uromyces*.

Bien que cette expérience ait comporté plusieurs centaines de lots, présentant de nombreuses combinaisons spéciales de l'action héréditaire supposée, nous ne sommes pas en mesure de délimiter la durée de l'action d'infection lorsque la descendance d'une graine bruchée cesse d'être soumise à cette action.

Nous ne pouvons donc que donner une impression générale : Nous avons cru observer que deux générations de graines indemnes perdent généralement la trace de l'infection antérieure produite par 2 ou 3 générations de graines bruchées. Les conséquences irrégulières résultant des infections inégales et secondaires des blessures empêchent ou rendent difficiles des conclusions rigoureuses. Les croisements entre plantes bruchées et plantes non bruchées, d'autre part, représentent une autre cause d'erreur. Il semble bien toutefois que l'influence transmise est assez fugace, lorsqu'elle ne se trouve pas renforcée par l'influence similaire et additionnelle d'un nouveau parasitisme.

Des faits précédents nous concluons que *l'action des Bruches n'est pas limitée à la plante issue de la semence bruchée.* Cette action laisse une trace dans ses descendants, et peut conduire à une dégénéres-

* Années avec attaque de rouille.

cence de la race, après quelques générations successives issues de graines bruchées.

II. — Sélection.

Des expériences détaillées, d'une autre nature, vont mettre en évidence l'action de sélection naturelle produite par le Bruche sur la Fève.

Expérience A

Trois planches homogènes et nivelées d'un jardin, ont reçu chacune 60 graines de Fèves.

N° 1. 60 fèves sans Bruches	Poids	154 gr.	Poids moyen	2gr,5.
N° 2. 60 fèves attaquées par un insecte. .	—	142 gr.	—	2gr,3.
N° 3. 60 fèves attaquées par 2 ou 3 insectes.	—	132 gr.	—	2gr,2.

Ces fèves étaient de même volume et très semblables. Ceci explique pourquoi les semences bruchées étaient un peu plus légères que les autres. Sans les mutilations, elles eussent été à peu près de même poids initial.

Sur les 60 graines semées, ont germé et levé.

N° 1	N° 2	N° 3
59	58	47

A la récolte, le nombre des pieds fournis par chaque parcelle a été le suivant.

N° 1	N° 2	N° 3
58	55	47

On voit que chez les graines très attaquées du lot n° 3, il s'est produit une sélection énergique et définitive *dès le début*.

Pour le lot n° 2 il y a eu surtout une sélection plus tardive en cours de végétation.

La sélection au total a porté sur 21 °/₀ des graines du lot n° 3
8 °/₀ des graines du lot n° 2
3 °/₀ des graines du lot n° 1

Il faut voir évidemment dans le grand déchet des lots 2 et 3 une action directe ou indirecte des Bruches des semences initiales. Le déchet du n° 1 peut s'expliquer par l'expérience relative à l'hérédité. De nombreuses expériences semblables nous ont donné un résultat semblable. On a suivi la végétation des graines semées en vue d'y trouver des indices différentiels des divers lots.

Le 12 juin on notait le nombre des fleurs sur cinq pieds de chaque lot, pris dans une même position dans les semis en lignes. On trouva comme chiffres moyens :

N° 1	N° 2	N° 3
67 fleurs par pied	42 fleurs	42 fleurs

Les feuilles étaient plus petites sur les plants issus de graines bruchées, mais le nombre des feuilles par pied était le même. La hauteur des plantes était plus grande dans le lot n° 1.

Hauteur des plantes au 12 juin	N° 1....	66 centimètres.
	N° 2....	64 —
	N° 3....	59 —

Surface des 2 folioles des feuilles les plus grandes au 12 juin.	N° 1....	1^{dm2},248
	N° 2......	0^{dm2},903
	N° 3......	0^{dm2},818

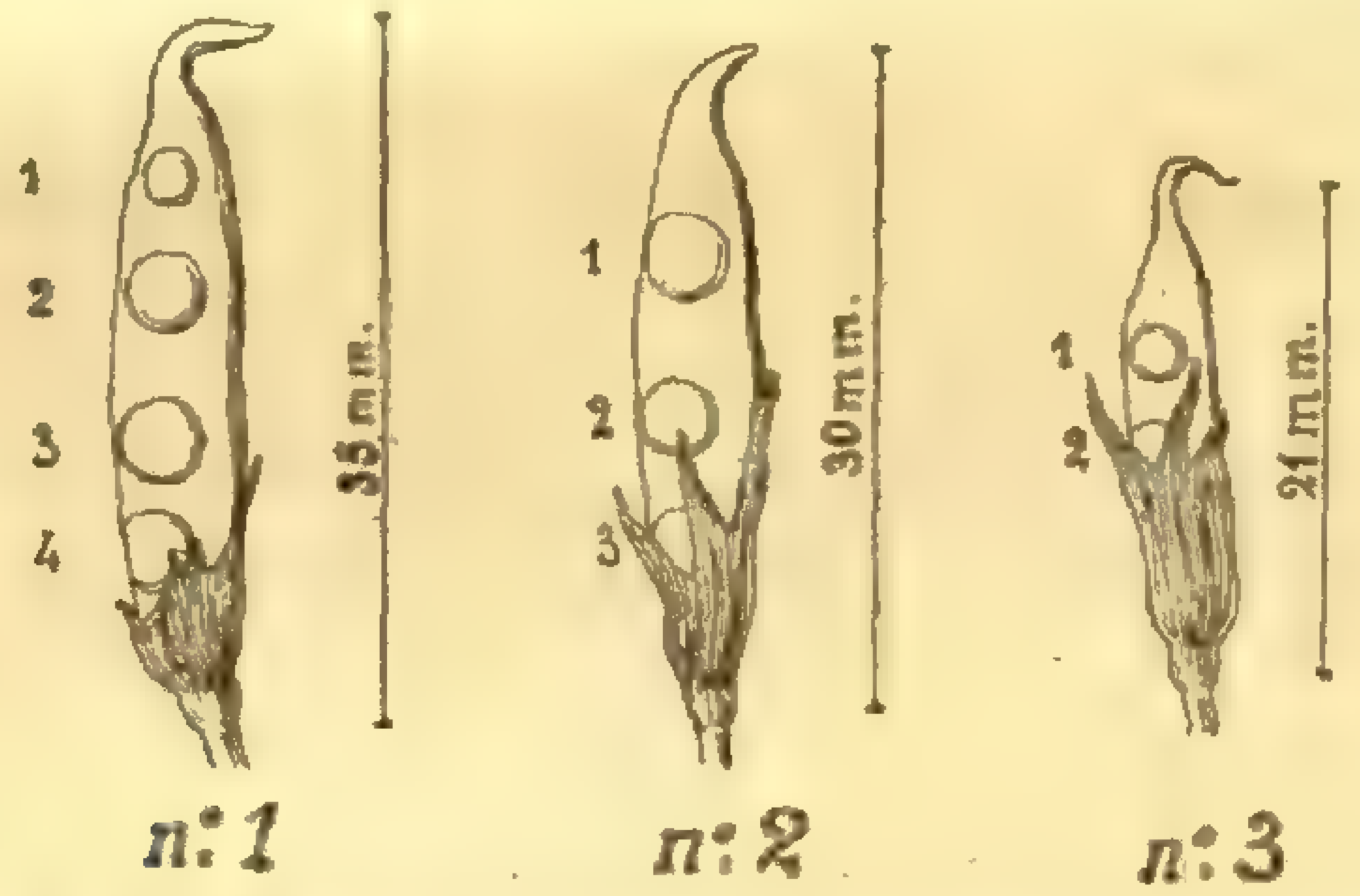


Fig. 3. — Expérience A. — Développement comparé des fruits de taille moyenne chez les plantes issues de graines bruchées (n° 3 : 2 ou 3 Bruches ; n° 2 : 1 Bruche) et chez les plantes issues de semences non bruchées (n° 1). — Observation en cours de végétation 12 Juin 1897.

Les fruits les plus développés se trouvaient sur les plantes du n° 1.

	EXP. A		EXP. B	
Longueur des fruits les plus développés (12 juin) en centimètres	N° 1...	3,5	N° 4...	4,3
	N° 2...	2	N° 5...	3,2
	N° 3...	2,1	N° 6...	2,3

Il n'y avait guère là qu'un retard, car les fruits par la suite ont atteint sensiblement la même taille.

Ce retard n'indique-t-il pas une influence d'infection générale s'exerçant sur la croissance et le travail de la feuille ?

Pour *chaque pied* de chaque parcelle on a noté le nombre de gousses et le nombre de graines.

Voici les chiffres obtenus en observant les rendements comparés des trois lots :

Résultats de l'Expérience A.

OBSERVATIONS DÉTAILLÉES	60 GRAINES DE FÈVES DES MARAIS		
	SANS BRUCHE N° 1	AVEC 1 BRUCHE N° 2	2 OU 3 BRUCHES N° 3
1. Poids total de la récolte	2650 gr.	2480 gr.	2290 gr.
2. Nombre des pieds récoltés	58 sur 60	55 sur 60	47 sur 60
3. Poids des parties végétatives	1370 gr.	1295 gr.	1185 gr.
4. Poids des graines à la récolte	1280	1185	1105
5. Poids des graines 6 mois après	1200	1152	1041
6. Poids moyen d'une plante récoltée	**45,68**	**45,09**	**48,72**
7. — des parties végétatives par plante récoltée	**23,62**	**23 55**	**25,21**
8. Poids moyen des graines par plante récoltée	**22,06**	**21,54**	**23,51**
9. Rendement moyen total, par graine semée	44,16	41,33	38,16
10. Rendement en graines, par graine semée	21,33	19,75	18,41
11. Rendement végétatif, par graine semée	22,83	21,58	19,75
12. Poids moyen d'une graine semée	2,5	2,3 +	2,2 +
13. Poids — d'une graine récoltée	2,07	2,07	2,02
14. Poids — d'une graine 6 mois après	1,94	2,01	1,90
15. Nombre de gousses récoltées	356	347	339
16. Nombre moyen de gousses par pied récolté	6,13	6,30	7,31
17. Nombre — de gousses par graine semée	5,93	5,78	5,65
18. Nombre total de graines récoltées	618	571	546
19. Nombre moyen des graines par pied récolté	**10,65**	**10,38**	**11,61**
20. Nombre — des graines par gousse récoltée	1,73	1,64	1.61
21. Nombre moyen des graines par graine semée	10,3	9,5	9,1
22. Nombre des graines récoltées sans Bruches	350	354	370
23. Nombre de graines récoltées bruchées	268	217	176
24. Poids des graines récoltées non bruchées (6 mois après)	685	758	712
25. Poids des graines récoltées bruchées (6 mois après)	515	394	329
26. Poids moyen d'une graine sèche récoltée non bruchée	1gr,957	2gr,141	1gr,924
27. Poids moyen d'une graine sèche récoltée bruchée	1gr,921	1,815	1,869
28. Fraction du poids de la récolte de graines représentée par les graines récoltées non bruchées	57,1 °/₀	65,8 °/₀	68,4 °/₀
29. Fraction du poids de la récolte de graines représentée par les graines récoltées bruchées	42,9 °/₀	34,2 °/₀	31,6 °/₀
30. Fraction du nombre des graines récoltées représentée par les graines récoltées non bruchées	56,7 °/₀	62 °/₀	67,8 °/₀
31 Fraction du nombre des graines récoltées représentée par les graines récoltées bruchées	43,3	38 °/₀	32,2 °/₀
32. Nombre des gousses des 8 plantes les plus productives	91 gousses	81 gousses	100 gousses
33. Nombre des graines des 8 plantes les plus productives	158 graines	143 graines	147 graines
34. Nombre des graines des 8 plantes ayant le plus grand nombre de graines	172 graines	155 graines	155 graines

Les graphiques biométriques montrent que les plantes infectées fructifient sensiblement comme les autres plantes.

NOMBRE DE GOUSSES PAR PLANTE

Chiffres de fréquence (60 graines semées, 47 à 58 plantes récoltées) (1)

Nombre de gousses :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Chiffres de fréquence	0	4	2	9	15	9	6	2	3	4	1	1	0	2	0	0	0	Lot n° 1. Graines saines (58 pl.).
	1	2	5	6	7	10	5	7	6	3	3	0	0	0	0	0	0	Lot n° 2. Graines bruchées (55).
	0	3	1	5	9	6	3	3	6	4	1	3	2	0	0	0	1	Lot n° 3. Graines très bruchées (47).

NOMBRE DE GRAINES PAR PLANTE RÉCOLTÉE

Nombres de graines	Chiffres de fréquence Lot n° 1.	Lot n° 2.	Lot n° 3.
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	2	0
3	2	0	1
4	3	0	2
5	3	4	2
6	3	3	3
7	2	4	2
8	5	4	4
9	8	4	3
10	10	8	2
11	7	4	7
12	1	5	3
13	5	3	2
14	1	4	4
15	0	0	3
16	2	2	2
17	0	2	1
18	0	1	1
19	0	2	2
20	1	1	0
21	1	0	1
22	3	0	0
23	0	0	1
24	0	0	0
25	0	0	1
26	0	0	0
»	»	»	»
31	0	1	0
32	0	0	0
33	1	0	0

(1) Notre ancien élève, M. Chassang, devenu professeur à l'Éc. Nat. d'Agr. de Montpellier, a bien voulu nous aider dans la statistique, nous l'en remercions.

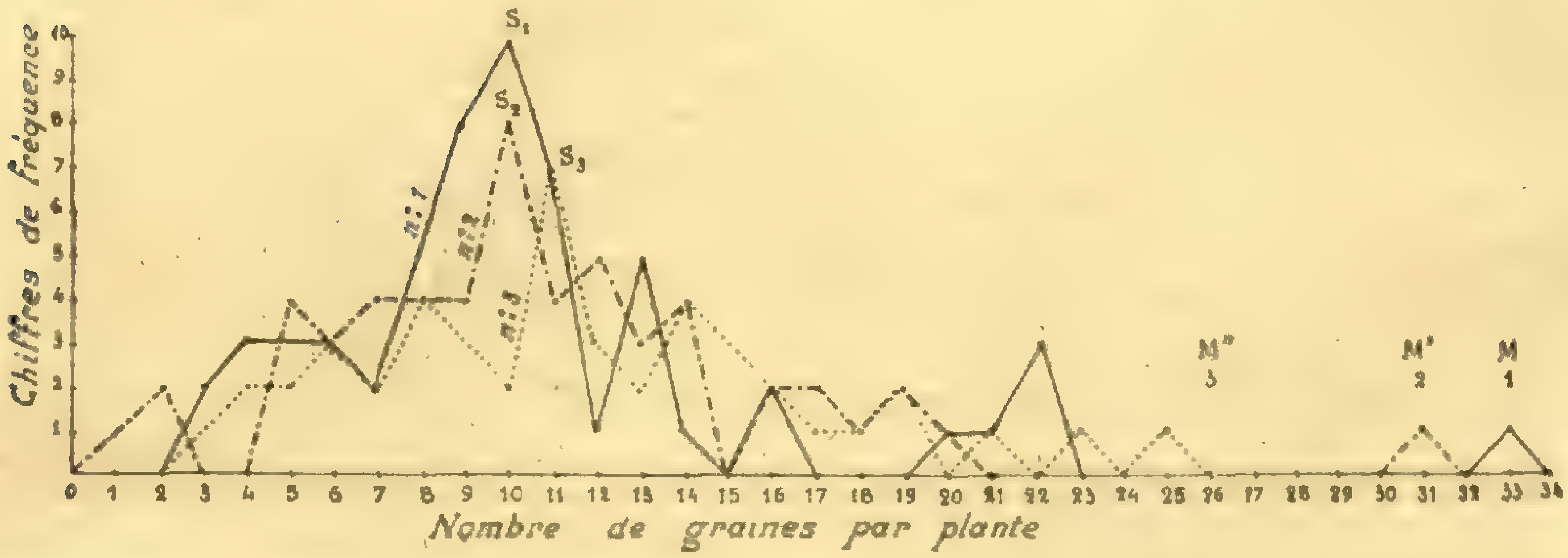


Fig. 4. — *Influence des Bruches sur la fécondité de la Fève. (Expérience A. 60 individus).* NOMBRE DE GRAINES RÉCOLTÉES.

n° 1. Plantes issues de graines sans Bruches.
n° 2. Plantes issues de graines bruchées (1 Bruche).
n° 3. Plantes issues de graines bruchées (2 ou 3 Bruches).

La statistique indique que la fécondité totale d'un lot de graines bruchées est plus faible que la fécondité totale d'un lot de graines non bruchées.

Le *type moyen de fécondité* n'est pas affaibli par le parasitisme, en ce qui concerne le nombre de graines par plantes récoltées. On voit, en effet, que S_3 correspond à 11 alors que S_1 correspond à 10. Cette différence accuse une action de sélection non défavorable produite par le parasitisme.

EXPÉRIENCE B. (Fève)

Une seconde expérience, de contrôle, a été faite avec 3 lots de 25 graines de Fève.

Les poids des graines initiales étaient les suivants :

	N° 4 (sans Bruche)	N° 5 (av. 1 Bruche)	(N°6 (av. 2-3 Bruches).
Poids des 25 graines sèches...	61 gr.	68 gr.	61 gr.
Poids des graines gonflées....	127 gr.	137 gr.	126 gr.
Poids moyen d'une gr. sèche..	2gr,44	2gr,72	2gr,44
— d'une gr. gonflée.	5gr,08	5gr,48	5gr,08

Les graines du lot n° 6 étaient donc un peu plus grosses que celles du n° 4, puisque bruchées et portant plusieurs cavités; elles pesaient autant que celles du n° 4.

Voici les résultats de l'expérience qui sont conformes à ceux de l'expérience A.

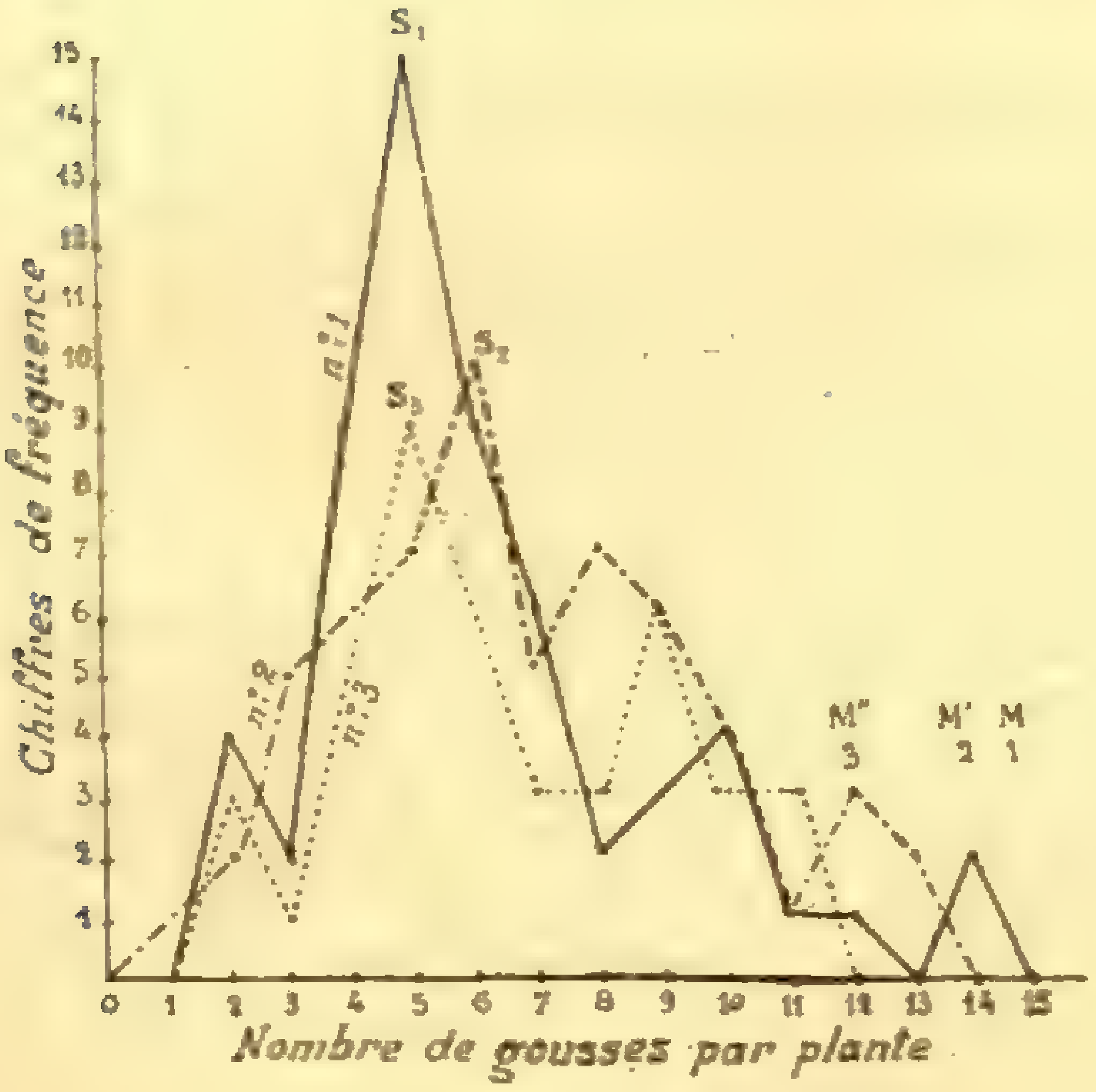


Fig. 5. — *Influence des Bruches sur la fécondité de la Fève* (Expérience A, 60 individus). NOMBRE DE GOUSSES RÉCOLTÉES.

n° 1. Plantes issues de graines sans Bruches.

n° 2. Plantes issues de graines bruchées (1 Bruche).

n° 3. Plantes issues de graines bruchées (2-3 Bruches).

On voit que le parasitisme diminue le nombre des plantes du type moyen. L'amplitude de la variation oscillante du nombre des gousses par plantes n'est pas modifiée.

Résultats de l'Expérience B.

OBSERVATIONS DÉTAILLÉES	25 GRAINES DE FÈVES DES MARAIS		
	SANS BRUCHE N° 4	AVEC 1 BRUCHE N° 5	2 OU 3 BRUCHES N° 6
1. Poids total de la récolte.............	1420 gr.	1250 gr.	1145 gr.
2. Nombre de graines germées.........	25	23	20
3. Nombre de plantes récoltées.........	25	22	20
4. Poids des parties végétatives........	780	660	650
5. Poids des graines à la récolte........	640	590	495
6 Poids moyen d'une plante récoltée...	**56,8**	**56,8**	**57,2**
7. Poids — des parties végétatives par plante récoltée........	**31,2**	**30**	**32,5**
8. Poids moyen des graines végétatives par plante récoltée....................	**25,6**	**26,8**	**24,7**
9. Rendement moyen total par graine semée.....	56,8	50	45,8
10. Rendement en graines par graine semée..............................	25,6	23,6	19,8
11. Rendement végétatif par graine semée	31,2	26,4	26,0
12. Poids moyen d'une graine semée....	2,44	2,72	2,44
13. — d'une graine récoltée...	2,07	2,12	2
14. Nombre de gousses récoltées	151	165	134
15. Nombre moyen de gousses par pied récolté............................	6,04	7,5	6,70
16. Nombre — de gousses par graine semée..............................	6,04	6,6	5,36
17. Nombre total de graines récoltées....	309	278	247
18. Nombre moyen de graines par pied récolté............................	**12,36**	**12,63**	**12.35**
19. Nombre — de graines par gousse récoltée............................	2,04	1,68	1,84
20. Nombre — de graines par graine semée..............................	12,36	11,12	9,88
21. Nombre maximum de graines par pied récolté............................	30	31	24
22. Nombre maximum de gousses par pied récolté........................	14	16	11
23. Proportion des graines récoltées sans Bruches............................	61 °/o	»	68 °/o
24. Proportion des graines récoltées avec Bruches............................	39 °/o	»	32 °/o
25. Poids moyen d'une graine récoltée bruchée............................	1,91	»	1,95
26. Poids — d'une graine récoltée sans Bruche............................	2,03	»	2,18

Conclusions des expériences A et B.

1). Il y a eu des traces d'infection des plantes issues des graines bruchées : absence de germination d'environ 1/5 des graines des lots 3 et 6. Cette disparition du pouvoir germinatif est bien le fait de l'action des Bruches ; elle est accentuée, en effet, lorsque les Bruches sont plus nombreux ainsi qu'il résulte de la comparaison des lots 2 et 3, et 5 et 6.

2). Cette infection n'est pas limitée à la période germinative : bien que le gonflement et le départ de la germination soient plus précoces dans les graines bruchées (1) les plantes qui en proviennent manifestent une taille générale, des feuilles et des fruits moins développés après 2 mois de végétation.

3). Cette infection peut se traduire par la mort précoce de certaines plantes, ainsi qu'on le constate dans les lots n° 2 et n° 5, où l'on voit des plantes presque adultes disparaître. Parmi les plantes qui ne périssent pas et sont fertiles, on peut admettre qu'il y en a qui gardent elles aussi la trace de l'infection de la graine initiale. Ainsi s'expliquerait le résultat donné par l'expérience relative à l'hérédité, signalée précédemment.

4). Si on considère le *rendement agricole des graines semées*, on peut conclure que le Bruche a diminué notablement la récolte :

Exp. A. caractères N^os : 1 2 3 4 9 10 11 15 17 18 21 33 34
Exp. B. caractères N^os : 1 2 3 4 5 9 10 11 14 16 17 20 21 22

5). Si on considère les rendements et les caractères individuels des plantes *récoltées* il en est tout autrement ; on peut nier l'action dépréciative du Bruche, l'avantage est ordinairement à la graine du lot bruché.

Exp. A. caractères N^os : 6 7 8 13 14 16 19 22 23 24 28 29 30 31 32
Exp. B. caractères N^os : 6 7 8 13 15 18 23 24 25 26

Ainsi, les graines semées bruchées ne laissent, comme descendance, que des pieds ayant une *valeur moyenne végétative apparente*, et une *valeur moyenne* de rendement en graines, qui sont supérieures ou au moins égales à celles des plantes issues de graines non bruchées.

Il se produit une *élimination* des pieds les plus faibles, et, ceux-ci disparus, ils ne reste que des pieds sélectionnés naturellement.

(1) Edmond Gain, *(C. R. Ac. Sc.* 19. VII, 1897).

Cette sélection naturelle, se manifestant sur 1/5 des semences dans les deux expériences A et B, est susceptible d'expliquer les conclusions discordantes de certains auteurs qui n'en soupçonnaient pas l'existence. Ne tenant compte que du fait que les plantes récoltées ne manifestaient pas une apparence de dégénérescence en poids, ni dans le rendement, ils ont pu affirmer, sans raisons suffisantes, que les Bruches n'exercent aucune action sur les plantes issues de graines bruchées. Mais il ne faut pas se fier aux apparences : Ces graines bruchées *sont infectées*, et leur descendance traduira cette infection si celle-ci se répète pendant plusieurs générations.

L'influence du Bruche est donc compliquée :

1). Influence nuisible au point de vue agricole, se manifestant par la disparition d'une certaine proportion des semences qui restent sans rendement.

2). Conséquence heureuse, au point de vue génétique, puisque la race se trouve avantagée par la disparition des plus faibles et ne fournit que des pieds féconds ayant ainsi une valeur moyenne relativement plus élevée.

3). Influence de dégénérescence, pouvant se transmettre et s'exagérer, par renforcement, lorsque se succèdent plusieurs générations infectées par le Bruche, et que se maintient le pouvoir germinatif des semences.

Si on suit la descendance des graines bruchées et celle des graines non bruchées, on voit que le Bruche n'a pas de tendance à envahir les lots issus de graines bruchées. C'est plutôt l'inverse qui est constaté. Les chiffres des colonnes 28, 29, 30, 31, Exp. A — et ceux des colonnes 23 et 24, Exp. B — montrent que les graines récoltées sur les pieds issus de graines bruchées sont plus indemnes relativement que les pieds issus de graines saines.

Sans vouloir conclure que l'instinct guide l'insecte de préférence vers les plantes non infectées aux générations précédentes, nous pouvons constater que, s'il y a une certaine infection de la race par le bruche, l'attaque, d'une génération à l'autre, ne rencontre pas nécessairement un terrain de plus en plus infecté. Il faudrait d'ailleurs expérimenter avec des pollinisations artificielles et contrôlées, pour élucider avec précision toute la question de l'hérédité de l'infection. Il faudrait, en effet, établir d'abord si l'influence du pollen

d'une plante infectée est une influence dominante ou une influence récessive.

En somme, *le parasitisme du Bruche laisse une impression dans la plante issue de la graine parasitée. Si ce parasitisme se continue sans interruption, pendant plusieurs générations, il y a disparition de la lignée infectée, soit par suppression du pouvoir germinatif de la graine, soit par stérilité des plantes infectées.* Est-ce une hérédité vraie, au sens exact du mot? Il y a, dans tous les cas, transmission aux descendants d'une influence dépréciative qui peut se renforcer.

L'étude des « manifestations de l'infection » nous paraît un point intéressant au point de vue biologique. Aussi donnerons-nous les chiffres d'une dernière expérience destinée à bien démontrer que le parasitisme a des conséquences qui se continuent longtemps après que l'insecte s'est évadé de la graine où il a évolué.

Expérience C.

Contrôle du retard de croissance produit par l'action des Bruches sur la Fève.

50 graines bruchées et 50 graines saines sont mises à germer le 28 avril. Le 4 mai on mesure comparativement la longueur des radicules et le 15 mai la longueur de la partie épicotylée.

Fig. 6. — Germination comparée de 5 Fèves de marais. A. graines non bruchées. B. graines bruchées.

Voici les chiffres obtenus pour chacune des 50 graines.

On a additionné aussi la longueur totale pour les graines de chaque rangée verticale telles qu'elles se trouvaient au germoir à l'étuve.

*
* *

Fèves : 50 **graines bruchées,** gonflées le 28 avril)
(Longueur des radicules en mm. : 4 mai)

	6	5	8	6	5	8	4	
	5	20	3	4	25	8	7	
	5	5	4	3	10	7	9	
	22	0	13	7	8	12	3	
	15	20	10	11	8	6	8	
	0	26	0	16	5	8	7	
	20	5	14	12	6	18	6	10
TOTAL :	73	81	52	59	67	67	44	10

453^{mm} pour 50 graines.

Après 6 jours de germination, **Moyenne générale 9^{mm}, 06.**
Nombre de graines non germées : 6 °/₀.

*
* *

Fèves : 50 **graines non bruchées,** gonflées le 28 avril
(Longueur des radicules en mm. : 4 mai)

10	15	1	18	20	29	15	
12	14	23	18	34	19	42	
20	18	22	17	17	28	33	
22	20	12	15	23	20	22	
3	20	15	1	0	15	20	
17	26	24	22	26	21	16	
16	21	26	17	20	30	10	10
100	134	123	108	140	162	158	10

935

Après 6 jours de germination, **Moyenne générale, 18^{mm}, 100.**
Nombre de graines non germées : 2 °/₀ .

*
* *

On remarquera que dans l'expérience en pleine terre le déchet à la levée a été aussi de 2 °/₀ pour les graines non bruchées et 6 °/₀ pour les fèves bruchées.

*
* *

Dans les mensurations suivantes il s'agit des mêmes graines que ci-dessus, mais non rangées dans le même ordre. La première graine d'une rangée ne correspond pas à la même plante de la rangée cor-

respondante de la statistique précédente. Il y a eu des déplacements nécessités par les mensurations, et l'on a omis de rétablir l'ordre initial.

50 graines bruchées

(Longueur de l'épicotyle en mm. : 15 mai)

0	20	10	40	30	60	0	
30	20	0	0	20	20	30	
40	30	40	30	30	20	20	
40	40	40	40	30	20	0	
45	20	40	20	20	20	30	
40	35	0	0	20	35	45	
30	30	40	40	30	45	30	0
225	195	170	170	180	220	155	0

1315

Moyenne générale par graine (sur 42 = 31mm,3) (sur 50 = 26mm,3) et 8 graines sans épicotyle à la date du 15 mai.

* * *

50 graines saines.

30	30	70	60	40	30	0	
20	20	60	30	25	30	0	
20	25	35	35	20	10	0	
20	35	30	35	45	30	0	
20	25	35	40	25	35	20	
25	30	15	30	15	20	50	
20	30	35	25	25	20	20	0
155	195	280	255	195	175	90	0

1345

Moyenne générale par graine (sur 45 = 30 mm.) (sur 50 = 26mm,9) et 5 graines sans épicotyle à la date du 15 mai.

* * *

On voit par les chiffres précédents que la radicule des graines bruchées se développe un peu moins activement.

Après 6 jours de germination la longueur des radicules est sensiblement double dans le cas des graines saines.

En ce qui concerne l'épicotyle, le début de son développement n'est pas retardé. Mais déjà il y a un effet d'arrêt de croissance qui

se manifeste sur 8 graines dans le lot des graines bruchées, et sur 5 seulement dans le lot des graines saines.

Le retard, qui est constaté ultérieurement, se traduit dans le développement plus lent des feuilles et des fruits. Il ne se trouve donc pas visible dès le début de la croissance de la tige, si on se borne à l'observation de la phase germinative. Il ne se traduit qu'à partir du moment où la plante absorbe des liquides par sa racine, et où ceux-ci produisent un mouvement de migration de la sève de la racine vers la tige.

La vitalité de la plante n'est donc pas identique dans les deux cas.

Le parasitisme du Bruche de la Fève modifie la vitesse de croissance et parfois la capacité de croissance. La floraison est retardée de 3 ou 4 jours (Expériences A et B). Ce sont là des signes d'une infection non limitée à la graine initiale.

Conclusions générales

1. — Nous avons mis en évidence que les expériences sur l'influence des Bruches sont compliquées par des faits de *sélection naturelle* et par des actions de transmission d'une sorte *d'infection qui peut être renforcée d'une génération à l'autre.*

2. — Le parasitisme du Bruche peut produire une dégénérescence de la Fève lorsqu'il se manifeste sans interruption dans une lignée pendant 4 à 6 générations successives.

L'étude biométrique des types dégénérés ne semble pas indiquer d'action morphogénétique imputable au parasitisme : La plante ne s'adapte pas ; elle disparaît si l'infection est assez accentuée.

3. — L'exposé des expériences précédentes permet d'expliquer les résultats discordants obtenus par les divers expérimentateurs.

4. — Le Bruche exerce une action nuisible au rendement agricole de la Fève, et à la valeur qualitative moyenne des semences. Son action de sélection atténue en grande partie, et peut masquer les effets dépréciatifs du parasitisme de l'insecte, par suite de la suppression des plantes les plus affaiblies.

RECHERCHES CYTOLOGIQUES
SUR LA FORMATION DES PIGMENTS ANTHOCYANIQUES.
NOUVELLE CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DES MITOCHONDRIES

par M. A. GUILLIERMOND
Chargé d'un cours à la Faculté des Sciences de Lyon.

I. — INTRODUCTION.

On sait depuis les travaux de William Schimper (1), Arthur Meyer (2) et Courchet (3) que les pigments jaunes (xanthophylle) et certains pigments rouges (carotine) qui se rencontrent dans les fleurs, les fruits et certaines racines sont, comme la chlorophylle, le produit de l'activité des plastes. Tantôt ils naissent dans des chloroplastes où le pigment carotinien ou xanthophyllien se substitue à la chlorophylle, tantôt ils se forment dans des plastes spéciaux qu'on a désignés sous le nom de *chromoplastes*. Nos recherches récentes (4) ont démontré que ces chromoplastes comme les chloroplastes ont toujours une origine mitochondriale, qu'ils résultent

(1) W. Schimper : Ueber der Entwickl. der Chlorophyllkörner und Farbkörner, (*Bot. Ztg.* 1883).
— Untersuch. über die Chlorophyllkörner und die inhem homologen Gebilde, (*Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot.*, T. XVI, 1885).

(2) A. Meyer : Die Chlorophyllkörn in chemischer, morphologischer und biologischer Beziehung, Leipzig, 1883.

(3) Courchet : Recherches sur les chromoleucites. (*Ann. des Sciences naturelles, Botanique*, 1888).

(4) Guilliermond : Recherches cyt. sur le mode de formation de l'amidon et sur les plastes des végétaux (leuco-,chromo-, et chloroplastes). Contribution à l'étude des mitochondries des cellules végétales. (*Archives d'anatomie microscopique*, 1912).

d'une différenciation de mitochondries préexistantes. On sait, d'autre part, que les travaux récents d'un certain nombre d'auteurs et surtout de Policard (1), Mulon (2), Prenant (3), Luna (4), Asvadourova (5), tendent à établir que dans la cellule animale, la plupart des pigments sont élaborés par des mitochondries ou par des plastes dérivés de mitochondries.

Au contraire, il existe dans la cellule végétale une catégorie de pigments qu'on réunit sous le nom de *pigments anthocyaniques* qui ne sont pas fixés sur des plastes, mais qui se trouvent à l'état de dissolution dans les vacuoles. Ces pigments qu'on rencontre dans un grand nombre de fleurs et de fruits sous forme de pigments rouges, violets ou bleus, qu'on retrouve dans beaucoup de jeunes feuilles au printemps, au moment de l'éclosion des bourgeons, de même que dans certains organes jeunes (racines, divers organes de certaines plantules) à l'état de pigment rouge, enfin qui déterminent à l'automne le rougissement des feuilles, sont des pigments de natures diverses, qui ont cependant tous une constitution chimique voisine. Ce sont des composés phénoliques dont beaucoup offrent les réactions du tannin. Leur couleur différente est due à l'acidité ou à l'alcalinité du milieu. Ces pigments, comme les autres composés tanniques ou glucosidiques, étant toujours localisés dans les vacuoles, on a supposé jusqu'ici qu'ils se formaient directement dans le suc vacuolaire. Ainsi, l'on admet que ces pigments font exception à la règle générale constatée pour tous les autres pigments des Phanérogames et naissent sans l'intermédiaire des plastes.

Cependant, dans des recherches récentes, Politis (6) a montré par l'étude vitale de la pigmentation dans un certain nombre de fleurs (*Convallaria japonica, Iris fimbriata, Lælia anceps, Aquilegia glandulosa, Erica carnea, Clerodendron Balfouri, Weigelia rosea* et

(1) Policard : Rôle du chondriome dans la formation des cristaux intracellulaires de la cellule hépatique. (*C. R. Soc. Biol.*, 1911).

(2) Mulon : Modes de formation du pigment dans la corticale surrénale. (*C. R. Soc. Biol.*, 1911).

(3) Prenant : L'origine mitochondriale des pigments. (*C. R. Soc. Biol.*. 1913).

(4) Luna : Ricerche sulla biologica dei condriosomi. (*Arch. f. Zellforschung*, 1913).

(5) Asvadourova : Recherches sur la formation de quelques cellules pigmentaires et des pigments. (*Arch. d'anat. micr.*, 1913).

(6) Politis : Sopra speciali corpi cellulari che fornano antocianine. (*Atti dell' Istituto Botanico della R. Universita di Pavia*, 1911).

japonica), que ces pigments anthocyaniques apparaissent d'abord dans le cytoplasme au sein de corpuscules spéciaux qu'il désigne sous le nom de *cyanoplastes*. D'après cet auteur, on rencontrerait dans les cellules les plus jeunes des pétales, destinées à produire de l'anthocyane, un petit corpuscule sphérique d'aspect brillant, oléagineux. Ce corpuscule unique par cellule, résulterait d'une simple différenciation cytoplasmique, se formerait *de novo* dans le cytoplasme. Tantôt, il apparaît directement coloré, tantôt il s'imprègne peu à peu de pigment au cours de son développement. Le cyanoplaste grossit progressivement, prend un volume égal ou supérieur à celui du noyau, puis s'introduit dans la vacuole où il ne tarde pas à se dissoudre. Un peu avant l'introduction du cyanoplaste dans la vacuole, Politis a constaté l'apparition dans le cytoplasme d'autres cyanoplastes plus petits. Il n'a pu préciser si ces derniers dérivent d'une division du cyanoplaste primitif ou d'une néoformation du cytoplasme, mais il est plutôt enclin à admettre la seconde hypothèse. Ces cyanoplastes subissent ensuite la même évolution que le premier.

Politis n'a pas réussi à obtenir la coloration du cyanoplaste sur des coupes fixées; tous les procédés ordinaires de fixation le dissolvent. Toutefois, l'auteur a étudié les réactions microchimiques de ce corps et a montré que le cyanoplaste ne présente pas les propriétés des matières albuminoïdes; il brunit par l'acide osmique, noircit par les sels ferriques, se colore en jaune par le bichromate de potassium, fixe le bleu de méthylène. Ce sont là les caractères des composés tanniques. Aussi Politis admet-il que le cyanoplaste est constitué en grande partie par le pigment anthocyanique qui, dans les cas observés, serait un composé tannique, mais il constate cependant que ce composé tannique est toujours entouré d'une écorce qui, sur le vivant, est toujours incolore, qui n'offre pas les caractères des composés tanniques, pas plus que des matières albuminoïdes et dont la nature resterait à préciser. C'est dans l'intérieur de cette écorce de nature inconnue que s'élaborerait le pigment, ce qui conduit Politis à rapprocher le cyanoplaste des chromoplastes.

Au cours de nos recherches sur les mitochondries et la formation des plastes (chloro-, chromo-, et amyloplastes), nous avons eu l'occasion d'observer dans nos préparations une série de stades intéressants de la formation des pigments anthocyaniques et des composés

phénoliques incolores qui se rencontrent dans beaucoup de cellules végétales. Ces stades montraient nettement que ces produits sont élaborés dans des mitochondries. Ces faits nous ont déterminé à entreprendre une étude méthodique de l'origine cytologique des pigments anthocyaniques et des composés phénoliques.

La plupart des résultats que nous exposerons ici ont été résumés dans plusieurs notes préliminaires. Dès le mois de juillet dernier, nous (1) avons pu démontrer par l'observation vitale de la pigmentation dans les feuilles de Rosier et de Noyer, ainsi que par l'étude de ces phénomènes après fixation et coloration par les méthodes mitochondriales, que les pigments anthocyaniques naissent toujours au sein des mitochondries. Enfin, la démonstration de ces phénomènes sur des préparations vitales de feuilles de Rosier a été faite ensuite par nous au dernier Congrès de l'Association des Anatomistes (Lausanne, juillet 1913). Un cytologiste italien qui assistait à ce Congrès, très impressionné par ces préparations, a tenu à répéter nos observations dès son retour et dans une note récente (novembre 1913), a confirmé les faits que nous avions décrits dans les feuilles de Rosier, c'est-à-dire la formation de l'anthocyane au sein d'organites présentant les caractères des mitochondries, mais il a formulé une interprétation très différente de la nôtre. Pensa (2) n'admet pas que le processus de la pigmentation s'effectue selon le schéma que nous avons donné ; en outre, il ne pense pas que les éléments ressemblant à des mitochondries qui élaborent le pigment anthocyanique, pas plus que ceux aux dépens desquels se différencient les plastes de Schimper, soient assimilables aux véritables mitochondries, à celles qui ont été décrites dans la cellule animale. La note de Pensa a été l'objet d'une réponse (décembre 1913) de notre part (3) dans laquelle nous avons discuté l'opinion de cet auteur et démontré le peu de fondement de son interprétation. Enfin, nous (4)

(1) Guilliermond : Sur la formation de l'anthocyane au sein des mitochondries. (*C. R. Acad. des Sciences*, juillet 1913).

(2) Pensa : Chondriosomi e pigmento anthocianico nelle cellule vegetali. (*Anatomischer Anzeiger*, nov. 1913).

(3) Guilliermond : Quelques remarques nouvelles sur la formation des pigments anthocyaniques au sein des mitochondries. A propos d'une note récente de M. Pensa. (*C. R. Soc. de Biol.*, décembre 1913).

(4) Guilliermond : Nouvelles recherches cytologiques sur la formation des pigments anthocyaniques. (*C. R. Acad. des Sciences*, novembre 1913).

avons résumé nos dernières recherches sur la formation des pigments anthocyaniques dans une note plus récente (novembre 1918).

Nos observations ont surtout porté sur les pigments anthocyaniques et les composés phénoliques qui apparaissent au printemps dans les jeunes feuilles, ainsi que sur ceux qui sont élaborés par différents organes des plantes en voie de développement (plantules de Ricin, jeunes tubercules de Pomme de terre). Nous avons abordé également l'étude de la formation des pigments anthocyaniques des fleurs et du rougissement automnal des feuilles, mais d'une manière beaucoup moins complète. Dans tous les cas que nous avons observés, les fleurs mises à part, la formation des pigments anthocyaniques s'effectue par des processus très différents de ceux décrits par Politis. Au contraire, dans les fleurs, nous avons pu vérifier les descriptions de cet auteur.

II. — OBSERVATIONS PERSONNELLES.

A. — Origine du pigment anthocyanique dans les bourgeons pendant leur éclosion et dans les organes jeunes.

a) Bourgeons de Rosier et de Noyer. — Il est facile d'observer tous les stades de la formation de l'anthocyane sur des tissus vivants. Les jeunes feuilles de Rosier offrent à ce point de vue un objet d'étude admirable parce qu'elles permettent d'observer facilement le contenu de leurs cellules dans leurs dents qui sont très minces et composées d'un très petit nombre d'assises cellulaires. Aussi est-ce par l'examen vital de la pigmentation des feuilles de Rosier que nous aborderons cette étude.

Les feuilles de la plupart des variétés de Rosier élaborent des pigments anthocyaniques en se développant, pendant l'éclosion du bourgeon. Mais ces pigments sont plus ou moins abondants et d'une couleur rouge plus ou moins accentuée selon les variétés. Certaines variétés (hybrides de Thés) telles que *Reine Marie-Henriette*, *Belle-Lyonnaise*, *William Richardson* forment une quantité considérable de pigment et celui-ci présente une couleur d'un rouge très pur. Ces variétés sont donc exceptionnellement favorables à l'étude de la formation de l'anthocyane. Le pigment commence à apparaître dans les bourgeons dès le début de leur éclosion. Il apparaît d'abord dans les dents des jeunes feuilles et ce n'est généralement que bien après

l'éclosion des bourgeons qu'il envahit la feuille toute entière ainsi que la tige, qui prennent alors une coloration uniformément rouge. Le pigment persiste généralement jusqu'à ce que la feuille ait atteint son maximum de croissance; à ce moment il disparaît complètement, sauf à l'extrémité des dents. L'anthocyane est à peu près uniquement localisée dans l'épiderme de la feuille et de la tige; on en trouve cependant parfois, mais en moindre quantité, dans l'assise parenchymateuse située au-dessous de l'épiderme.

Prenons donc une très jeune feuille d'une des variétés mentionnées, détachée d'un bourgeon en voie d'éclosion et où le pigment commence seulement à apparaître dans les dents des feuilles. Découpons un fragment du limbe renfermant les dents de la feuille, en ayant soin de laisser de côté la nervure principale qui rendrait la préparation trop épaisse. Montons ce fragment de feuille dans une goutte d'eau ou mieux dans une solution isotonique de sel marin et observons la préparation à un très fort grossissement. On se rend compte immédiatement que le pigment est généralement complètement formé et dissous dans les vacuoles de la région basale des dents, tandis qu'il est en voie de formation à l'extrémité supérieure de celles-ci. En observant une dent de son extrémité supérieure à sa base, il est donc possible, dans les cas les plus favorables, de rencontrer tous les stades successifs de la formation de l'anthocyane tels que nous les représentons dans la planche 11, figure 3. Dans d'autres cas moins favorables, la formation de l'anthocyane étant plus avancée ou moins avancée, on ne trouvera que les premiers ou les derniers stades de la pigmentation (pl. 11, fig. 4). Choisissons pour résumer nos observations une dent où tous les stades du phénoméne sont représentés. On constate d'abord, à l'extrémité supérieure, des cellules incolores avec un chondriome peu distinct, formé par de nombreux chondriocontes assez allongés et très minces, disséminés dans le cytoplasme (pl. 11, fig. 1). Un peu plus bas, dans la région subterminale de la dent, les chondriocontes viennent se grouper en grande partie autour du noyau (1) lequel occupe toujours le milieu de la cel-

(1) Le groupement des mitochondries autour du noyau au moment de leur fonctionnement semble être un phénomène constant; chaque fois qu'une mitochondrie va entrer en fonction et élaborer un produit, elle se met en contact avec le noyau. Nous avons observé ce phénomène dans la formation de la chlorophylle, des pigments xanthophylliens et carotiniens, de l'amidon chez les Phanérogames, dans l'élaboration des corpuscules métachromatiques chez les Champignons. Ceci semble donc démontrer que partout le noyau participe à la sécrétion.

lule. Ils commencent à ce moment à élaborer l'anthocyane et prennent une teinte uniformément rouge cerise. Un peu plus bas, dans la région moyenne de la dent, on les voit s'épaissir légèrement et former chacun un renflement à leurs deux extrémités, ce qui leur donne l'aspect très net d'un haltère (pl. 11, fig. 3 et 4). En même temps, la couleur du pigment s'accentue, surtout dans les renflements ainsi formés. Les renflements grossissent et finissent par s'isoler par suite d'une séparation produite dans la partie effilée qui les unit. Ainsi se trouvent formées dans le cytoplasme des sphérules brillantes, imprégnées de pigment anthocyanique et qui paraissent homologuables aux cyanoplastes décrits par Politis, avec cette différence qu'ici, au lieu de n'y en avoir qu'un seul par cellule, on en trouve une très grande quantité. Ces corps augmentent peu à peu de dimension, se placent sur le bord de petites vacuoles préformées dans la cellule, puis s'introduisent dans ces dernières où ils subsistent quelque temps, pour finalement se dissoudre dans le suc vacuolaire auquel ils donnent une coloration uniformément rouge.

Dans la région basale de la dent, les petites vacuoles renfermant de l'anthocyane en dissolution se fusionnent peu à peu en une seule grosse vacuole colorée en rouge qui occupe à elle seule presque toute la cellule et refoule à la périphérie le noyau et le cytoplasme (pl. 11, fig. 3, 5 et 6). Tout cela est tellement net qu'on croirait être en présence d'une préparation colorée artificiellement.

Il est facile de constater que ce pigment anthocyanique des feuilles de Rosier est un composé phénolique présentant les caractères des tannins. La démonstration peut être faite en traitant par des sels ferriques, par exemple le perchlorure de fer, les dents d'une jeune feuille de Rosier qui montre sur le frais tous les passages entre les chondriocontes pigmentés et l'anthocyane dissoute dans la vacuole. La réaction est facile à effectuer sous le microscope. En faisant passer un courant d'une solution de perchlorure de fer dans une préparation montée à l'eau et en l'observant pendant un certain temps, nous avons pu constater qu'à la coloration rouge primitive des pigments anthocyaniques, se substitue peu à peu la teinte noire caractéristique des composés phénoliques. Cette teinte est localisée, non seulement dans les vacuoles à anthocyane, mais aussi sur le trajet des chondriocontes pigmentés et dans les sphérules formées aux dépens de ces derniers.

L'anthocyane du Rosier présente également tous les autres caractères des composés tanniques. Elle réduit l'acide osmique et prend avec ce réactif une teinte brun foncé comme les graisses. Si l'on monte un fragment de feuilles dans une solution à 1 °/₀ d'acide osmique, on constate que les chondriocontes qui n'ont pas encore élaboré de l'anthocyane prennent une teinte d'un gris jaunâtre très pâle, tandis que ceux qui sont imprégnés d'anthocyane noircissent fortement, de même que les sphérules dérivées des mitochondries et les vacuoles contenant en dissolution de l'anthocyane. On obtient ainsi de très belles préparations, beaucoup plus nettes qu'avec le perchlorure de fer qui altère toujours notablement le contenu cellulaire.

Enfin l'anthocyane fixe le bleu de méthylène et il est facile d'obtenir de belles colorations vitales de l'anthocyane en plaçant un fragment de feuille de Rosier dans une solution de bleu de méthylène. Au bout d'un temps plus ou moins long, les chondriocontes imprégnés d'anthocyane prennent une teinte bleue foncée, de même que les sphérules pigmentaires et le contenu des vacuoles qui renferment de l'anthocyane. Au contraire, les chondriocontes qui n'ont pas encore élaboré d'anthocyane restent absolument incolores. Nous verrons plus loin que l'anthocyane est fixée et colorée en jaune par le bichromate de potassium.

Une particularité très curieuse qui résulte d'une observation vitale plus approfondie de la pigmentation dans les jeunes feuilles de Rosier est le fait que la formation du pigment anthocyanique dans les diverses dents d'une même feuille peut s'effectuer d'une manière très irrégulière. Tout d'abord, on constate de nombreuses variations dans l'intensité de couleur du pigment. C'est ainsi qu'on peut rencontrer dans une même feuille des dents où les chondriocontes offrent dès le début de leur pigmentation une couleur d'un rouge très accentué, et d'autres où, au contraire, ils présentent une nuance d'un rose très pâle qui s'accentue légèrement dans les sphérules qui résultent de leur transformation et dans les vacuoles. Mais il y a des variations beaucoup plus importantes. Le mode que nous venons de décrire où les chondriocontes s'imprègnent dès le début d'anthocyane paraît être le plus général ; c'est celui que l'on peut considérer comme typique. Mais à côté, on trouve fréquemment dans une même feuille des dents où

les chondriocontes élaborent d'abord un composé phénolique incolore qui peu à peu se pigmente. Les chondriocontes qui renferment le composé phénolique incolore se distinguent alors facilement des autres parce qu'ils prennent un aspect brillant et deviennent beaucoup plus nets que ceux qui n'ont pas élaboré de composé phénolique (pl. 11, fig. 2). Il est facile d'ailleurs de mettre en évidence sur eux et sous le microscope la présence d'un composé phénolique en introduisant sous la préparation observée un courant d'une solution de perchlorure de fer, d'acide osmique ou de bleu de méthylène. Souvent aussi, on peut rencontrer les dents où les chondriocontes forment un composé phénolique incolore qui ne se pigmente que beaucoup plus tard; dans celles-ci, les chondriocontes restent incolores et se transforment cependant en haltères, qui forment ensuite de grosses sphérules. Le composé phénolique ne prend le caractère de pigment que dans les grosses sphérules, immédiatement avant l'introduction de celles-ci dans les vacuoles. Il y a même des cas où la pigmentation ne se produit que dans la vacuole après la dissolution du composé phénolique. Enfin, il nous est arrivé d'observer des dents où le composé phénolique restait toujours incolore, même après sa dissolution dans la vacuole.

Il arrive aussi que les diverses cellules d'une même dent se comportent différemment et que dans les unes le composé phénolique apparaît pigmenté dès le début, tandis que dans les autres, il se forme à l'état incolore et ne se pigmente qu'à un stade plus ou moins tardif.

Des faits analogues ont été constatés par Politis. Cet auteur a montré que, dans les fleurs qu'il a observées, le cyanoplaste peut se pigmenter dès le début de sa formation ou un peu plus tard, lorsqu'il s'est transformé en une grosse sphérule. Ce sont là des particularités très intéressantes que nous essayerons d'interpréter plus loin.

La formation de l'anthocyane peut être suivie aussi avec beaucoup de netteté dans les poils glanduleux des stipules des mêmes variétés de Rosiers. Enfin, nous sommes parvenu à l'observer également dans les feuilles de diverses plantes, telles que le Noyer (*Juglans regia*) et le Cognassier du Japon (*Cydonia Japonica*). On y constate les mêmes phénomènes, seulement ceux-ci sont beaucoup moins faciles à observer par suite de l'épaisseur plus grande des feuilles.

On sait que dans une note récente, Pensa cherchant à vérifier nos observations vitales sur la pigmentation des jeunes feuilles de Rosier, a formulé une interprétation différente de la nôtre. Il nous reste donc maintenant à discuter cette interprétation. Pensa ne croit pas que le schéma que nous avons décrit de la formation de l'anthocyane soit exact. Il constate que l'anthocyane ne se forme pas exclusivement dans les chondriocontes comme nous l'avons observé, mais aussi dans des formations ressemblant à des mitochondries granuleuses et à des chondriomites. En outre, ces éléments ne subissent pas l'évolution que nous avons décrite. Ils paraissent, selon Pensa, s'anastomoser et se transformer en une sorte de réseau, qui finit par se condenser en une énorme masse pigmentaire de structure spongieuse. Remarquons tout de suite que la plupart des stades décrits par Pensa ont été observés dans une préparation vitale examinée pendant une heure.

Des observations vitales approfondies, que nous avons très souvent répétées sur des feuilles de Rosier et d'autres végétaux depuis plusieurs mois, ne nous permettent pas de confirmer les vues de Pensa. Dans les dents de feuilles de Rosier, le chondriome renferme bien à côté des chondriocontes quelques mitochondries granuleuses comme il résulte de l'examen de préparations fixées et colorées, mais celles-ci ne se voient généralement pas dans les cellules vivantes et ne paraissent pas participer à l'élaboration du pigment. Les mitochondries et les chondriomites observés par Pensa nous semblent résulter d'aspects provoqués par les extrémités de chondriocontes flexueux et enchevêtrés les uns dans les autres. Quant aux processus ultérieurs décrits par Pensa, formation d'un réseau, puis d'une masse spongieuse, ce sont des figures que nous avons souvent observées, et avant Pensa, mais que nous n'avons pas cru devoir décrire dans nos notes préliminaires parce qu'elles ne se rencontrent jamais dans une préparation fraîche qu'on vient de monter. Comme ces figures n'apparaissent que lorsque la préparation a séjourné longtemps dans l'eau, qu'elles apparaissent beaucoup plus rapidement dans les préparations montées dans l'eau pure que dans celles qui ont été montées dans une solution isotonique de sel marin, comme enfin elles ne correspondent pas non plus à ce qu'on constate dans les préparations fixées, on peut donc considérer comme certain qu'elles ne sont dues qu'à des altérations du contenu cellulaire provoquées par

l'action prolongée de l'eau. Pensa semble ignorer que l'anthocyane, composé phénolique, est très soluble dans l'eau. Dès lors, on comprend facilement que, dans des observations prolongées, on puisse observer des dissolutions du pigment contenu dans les mitochondries qui détermine l'altération de ces dernières.

Les procédés que nous avons indiqués pour révéler dans les mitochondries la présence de composés phénoliques, et qui consistent à traiter les préparations fraîches par l'acide osmique ou le bleu de méthylène permettent d'ailleurs d'accentuer le contour des mitochondries qui apparaissent alors beaucoup plus distinctement. Or, ces procédés montrent clairement que le schéma que nous avons décrit est tout à fait exact.

Enfin, l'étude de ces processus sur des préparations fixées et colorées par les méthodes de Regaud ou de Benda, que Pensa n'a pas pris soin d'effectuer, montrent des figures absolument superposables à celles que nous avons observées sur le frais et qui ne correspondent pas à la description de Pensa.

La méthode de Regaud (1) permet de suivre tous les processus de formation de l'anthocyane sur des préparations colorées. Si les feuilles de Rosier offrent un précieux objet pour l'étude vitale de la formation de l'anthocyane, elles sont, par contre, beaucoup moins favorables pour l'étude de ce phénomène après fixation. Les fixations employées à l'étude des mitochondries ne réussissent pas très bien. Il est en outre très difficile d'obtenir de bonnes coupes des dents de ces feuilles ; d'autre part, les phénomènes s'effectuent très rapidement et sont beaucoup plus difficiles à suivre dans les autres parties de l'épiderme de la feuille. Au contraire, les jeunes feuilles de Noyer constituent un bon objet pour cette étude.

Prenons donc comme exemple, pour résumer nos observations, la coupe longitudinale d'un bourgeon de Noyer au moment où il commence à éclore, au printemps, et où l'anthocyane est en voie de formation. Ici encore, l'anthocyane est presque uniquement localisée dans l'épiderme de la tige et des feuilles ; on en trouve parfois, mais en moindre quantité, dans l'assise de cellules parenchymateuses situées immédiatement au-dessous de l'épiderme.

Les cellules épidermiques les plus jeunes qui n'ont pas encore

(1) Nous n'avons pas à décrire ici les méthodes mitochondriales, que nous avons indiquées dans notre premier mémoire. (*Archives d'Anat. micr.*, 1912).

formé d'anthocyane renferment un cytoplasme pourvu de quelques petites vacuoles et un gros noyau occupant le centre de la cellule. Le chondriome est très riche et constitué par de nombreux chondriocontes allongés et flexueux et quelques mitochondries granuleuses disséminées dans le cytoplasme (pl. 12, fig. 7).

A un stade ultérieur, lors de l'apparition de l'anthocyane, une grande partie des chondriocontes viennent se placer autour du noyau, puis, à partir de ce moment, on peut observer avec la plus grande netteté tous les stades intermédiaires entre les chondriocontes minces, allongés et flexueux qui ne sont pas encore imprégnés d'anthocyane et de grosses sphérules pigmentaires situées dans le cytoplasme ou introduites dans les vacuoles. Seulement, il est très difficile d'obtenir des préparations différenciées à point, et permettant d'observer la formation, au sein des chondriocontes, du pigment anthocyanique. Ce pigment, qui, en raison de sa nature phénolique, se trouve fixé et coloré en jaune brillant par le bichromate qui a servi à la fixation, se colore en outre par l'hématoxyline ferrique comme les mitochondries, seulement sa coloration est beaucoup plus instable et disparaît bien avant celle de la substance mitochondriale pendant la régression à l'alun ferrique, laissant place à la coloration jaune, due à l'action du bichromate de potassium. De la sorte, si la différenciation est suffisante, les chondriocontes imprégnés de pigment restent uniformément colorés ; si au contraire elle a été poussée trop loin, la substance mitochondriale se décolore et seul le pigment apparaît coloré en jaune. D'autre part, les autres méthodes mitochondriales (méthodes de Benda et Altmann) offrent le même inconvénient et colorent en même temps et d'une manière analogue les mitochondries et le pigment. Cependant, avec beaucoup de précaution et après un certain tâtonnement, on arrive à obtenir des préparations qui permettent de différencier à la fois le pigment coloré en jaune par le bichromate et la substance mitochondriale teinte en noir par l'hématoxyline et d'observer tous les détails de la formation du pigment au sein des chondriocontes.

Les chondriocontes, une fois groupés autour du noyau, commencent à augmenter sensiblement d'épaisseur sur toute leur longueur. Cet épaississement est déterminé par la production du pigment anthocyanique sur tout le trajet des chondriocontes. En effet, si la différenciation a été bien effectuée, on constate que les chondriocontes épais-

sis ne sont pas uniformément colorés par l'hématoxyline : ils ont l'aspect de cylindres creux dont l'écorce seule, de nature mitochondriale, est colorée par l'hématoxyline et dont toute la partie axiale offre une teinte jaune brillante qui correspond au pigment anthocyanique fixé et coloré par le bichromate de potassium (pl. 12, fig. 8). Si la différenciation a été poussée trop loin, l'écorce mitochondriale complètement décolorée ne s'aperçoit plus et les chondriocontes apparaissent uniformément constitués par le pigment teint en jaune par le bichromate, qui semble s'être substitué aux chondriocontes en conservant exactement leur forme. Cette disposition du pigment sur toute la région axiale des chondriocontes explique que ceux-ci se présentent sur le frais uniformément colorés par l'anthocyane et qu'ils offrent sur tout leur trajet les réactions des composés phénoliques par les sels ferriques, l'acide osmique et le bleu de méthylène.

Les chondriocontes épaissis forment bientôt sur leur trajet de petits renflements. Parfois, ils ne produisent qu'un seul renflement à l'une de leurs extrémités, ce qui leur donne l'aspect d'un têtard ou d'un spermatozoïde, d'autres fois, ils peuvent en fournir trois ou quatre en différents points de leur longueur, mais le plus souvent ils en forment deux, l'un à chacune de leurs extrémités et prennent ainsi la forme d'haltères (pl. 12, fig. 10 à 12). Chacun de ces renflements présente alors d'une manière très nette l'aspect d'une petite vésicule analogue à celles où se déposent l'amidon dans beaucoup de végétaux. Cette vésicule est occupée par le pigment anthocyanique coloré en jaune par le bichromate de potassium, entouré par une mince écorce mitochondriale. Au contraire, la partie effilée du chondrioconte est généralement uniformément colorée par l'hématoxyline ferrique et ce n'est qu'en prolongeant la régression qu'on obtient la différenciation dans cette région du chondrioconte d'un mince filet coloré en jaune par le bichromate et représentant l'anthocyane. La coloration mitochondriale masquant souvent ce filet ne laisse apercevoir l'anthocyane que dans les vésicules des renflements.

A un stade plus avancé, les renflements formés par les chondriocontes augmentent de volume par accroissement du pigment anthocyanique élaboré dans leur intérieur, puis s'isolent par rupture de la partie effilée du chondrioconte qui les unit et apparaissent dans le cytoplasme sous forme de sphérules. Il semble se produire un étire-

ment de la partie effilée de chaque haltère, suivi de rupture, aboutissant ainsi d'abord à la formation de deux corps en forme de têtards qui bientôt s'arrondissent et prennent l'aspect de sphérules.

Chacune de ces sphérules présente alors l'aspect très net d'une vésicule formée par une écorce mitochondriale colorée par l'hématoxyline et un centre occupé par une boule pigmentaire teinte en jaune par le bichromate. Elles restent localisées autour du noyau.

La masse pigmentaire contenue dans chacune des sphérules ainsi formées s'accroît beaucoup, tout en conservant son écorce mitochondriale. Celle-ci devient de plus en plus mince au fur et à mesure que la masse pigmentaire grossit, puis semble finir par disparaître complètement lorsque la boule pigmentaire a achevé sa croissance. Une fois parvenues au terme de leur croissance, les sphérules pigmentaires ayant épuisé leur écorce mitochondriale se rapprochent des petites vacuoles préformées dans la cellule, se mettent en contact direct avec celles-ci, souvent même prennent l'aspect de croissants enveloppant une partie de la vacuole. Elles ne tardent pas à s'introduire dans les vacuoles où elles subsistent quelque temps à l'état de grosses sphérules qui prennent parfois une structure spongieuse (fig. 25 et 27). Elles semblent alors se fusionner les unes aux autres, pour constituer de grosses masses à contour irrégulier, lobé, ressemblant un peu à des cellules de levure en voie de bourgeonnement, puis elles se dissolvent dans le suc vacuolaire. Les vacuoles apparaissent alors remplies d'un contenu finement granuleux et coloré en jaune brillant qui est dû à la précipitation du pigment par le bichromate de potassium (fig. 13 à 15).

Il est difficile, sinon impossible, de préciser le moment où les sphérules pigmentaires ont épuisé leur écorce mitochondriale. Lorsque les préparations sont un peu surcolorées, on constate toujours qu'un certain nombre des sphérules, même une fois introduites dans les vacuoles, conservent une enveloppe colorable par l'hématoxyline. Cette enveloppe représente-t-elle vraiment une écorce mitochondriale? Nous ne le pensons pas et nous croyons qu'elle est bien due plutôt à une coloration partielle du composé phénolique. On a vu en effet que les composés phénoliques fixent l'hématoxyline ferrique, mais que leur coloration disparaît rapidement ; elle ne subsiste que partiellement après la régression à l'alun

ferrique et disparaît totalement quand la régression est un peu prolongée. Aussi croyons-nous que l'écorce mitochondriale des sphérules pigmentaires disparaît complètement avant l'introduction de ces sphérules dans les vacuoles, comme semblent l'indiquer les préparations différenciées à point, et que l'enveloppe colorable qui persiste dans certains cas dans les sphérules déjà émigrées dans les vacuoles correspond à un reste de la coloration du composé phénolique par l'hématoxyline. Les méthodes de Benda ou d'Altmann colorent aussi le composé phénolique da la même manière que les mitochondries, lorsque les préparations sont surcolorées, et ne permettent pas davantage de préciser cette question de détail.

A la fin des phénomènes de la pigmentation, les petites vacuoles remplies d'anthocyane se fusionnent les unes avec les autres et forment une énorme vacuole toujours colorée en rouge, occupant la majeure partie de la cellule et refoulant à la périphérie de la cellule le noyau et le cytoplasme. On trouve encore à ce moment autour du noyau quelques chondriocontes et surtout des mitochondries granuleuses qui n'ont pas contribué à l'élaboration de l'anthocyane.

Les préparations par les méthodes de Benda donnent des résultats analogues et permettent également de différencier l'anthocyane, qui apparaît dans les mitochondries et dans les vacuoles avec une teinte brunâtre due à l'action de l'acide osmique.

On peut aussi obtenir de bonnes préparations en colorant par la méthode d'Altmann des préparations fixées par la méthode de Regaud.

Dans les cellules parenchymateuses sous-épidermiques, l'anthocyane s'élabore de la même manière, mais la formation des chloroplastes précède celle de l'anthocyane : une partie des éléments du chondriome se différencie d'abord en chloroplastes et ce n'est que lorsque les chloroplastes sont déjà formés que les chondriocontes qui n'ont pas été employés à cette transformation commencent à élaborer le pigment anthocyanique (pl. 13, fig. 30 à 34).

L'examen de jeunes feuilles de Rosier et de Cognassier du Japon nous a fourni des résultats analogues, mais beaucoup moins nets.

b) Plantules de ricin. — Les plantules de certaines espèces de Ricin, entre autres *Ricinus Gibsonii,* élaborent en grande quantité un pigment anthocyanique pendant la germination de la graine. Ce pigment se rencontre dans la plupart des organes de la plantule. Il appa-

rait après quelques jours de germination dans l'axe hypocotylé et dans la radicule, dès que ces organes ont commencé à sortir de la graine et à condition que la germination s'effectue à la lumière. Un peu plus tard, le pigment envahit les cotylédons, les jeunes feuilles, les racines secondaires, puis à la fin de la germination, l'assise des cellules périphériques de l'albumen. Il diminue peu à peu à mesure que la plantule se développe et disparaît complètement lorsque celle-ci a épuisé l'albumen.

Dans les cotylédons et les jeunes feuilles, le pigment se trouve réparti dans toutes les cellules épidermiques et dans quelques cellules mésenchymateuses isolées.

Dans l'axe hypocotylé, l'anthocyane occupe un certain nombre des cellules parenchymateuses de l'écorce et de la moelle, isolées ou réunies en files, et un très grand nombre des cellules de l'épiderme isolées au milieu de cellules incolores. Les cellules pigmentées de l'épiderme apparaissent à l'œil nu sous forme de très petits points rouges et donnent à l'axe hypocotylé un aspect très caractéristique, tacheté de petites ponctuations rouges qui correspondent chacune à une cellule pigmentée.

L'anthocyane enfin occupe dans la radicule et les racines secondaires des cellules parenchymateuses de l'écorce et de la moelle, isolées ou réunies en files.

Le pigment est encore ici un composé phénolique de même nature que dans les cas précédents et il est facile de s'en assurer en immergeant une plantule dans laquelle l'anthocyane commence à apparaître dans un cristallisoir rempli d'une solution de perchlorure de fer. Presqu'aussitôt, les petites taches de l'épiderme de l'axe hypocotylé prennent la teinte noire caractéristique des composés phénoliques, tandis que l'épiderme du cotylédon devient uniformément noir. En faisant ensuite des coupes dans les différents organes et en les examinant au microscope, on constate que la coloration noire correspond au pigment anthocyanique.

L'étude vitale de la pigmentation est très difficile à réaliser et ne permet en aucun cas de démontrer l'origine mitochondriale du pigment. Cependant, en observant dans l'eau un fragment de cotylédon ou d'une jeune feuille de la gemmule, on peut observer parfois des cellules où l'anthocyane apparaît dans des bâtonnets ressemblant à des chondriocontes et surtout dans des granulations

cytoplasmiques un peu plus grosses que des mitochondries, qui grossissent peu à peu, puis s'introduisent dans la vacuole où elles se fusionnent, puis se dissolvent dans le suc vacuolaire qu'elles colorent en rouge. Ici encore, le phénomène s'accomplit d'une manière très irrégulière. L'intensité de couleur du pigment varie beaucoup d'une cellule à l'autre ; dans quelques cas, le pigment normalement rouge, une fois dissous dans la vacuole, prend une teinte nettement violette, sans doute par suite de l'alcalinité de cette dernière. Dans certaines cellules, le pigment n'apparaît que dans de grosses sphérules, dérivées de petits bâtonnets ou de petites granulations brillantes et incolores qui présentent les réactions de composés phénoliques. Enfin, il nous est arrivé une fois, sur une vingtaine de graines mises à germer dans de la terre humide, d'observer au bout de quelques jours de germination, trois plantules qui avaient atteint le même degré de développement que les autres et qui, cependant, par suite de circonstances inconnues, étaient complètement dépourvues de pigment anthocyanique, alors que toutes les autres présentaient une teinte rouge très accentuée. L'examen cytologique de ces plantules nous a permis cependant de constater que les cellules qui auraient dû renfermer de l'anthocyane contenaient un composé phénolique incolore.

La coloration par les méthodes de Regaud ou de Benda permettent de suivre d'une manière plus précise les divers stades de l'élaboration de l'anthocyane et de démontrer son origine mitochondriale.

Cette observation est surtout facile à réaliser dans des coupes transversales des cotylédons. Dans l'épiderme des cotylédons très jeunes, toutes les cellules offrent un gros noyau occupant le centre de la cellule, un cytoplasme pourvu d'un certain nombre de petites vacuoles et un chondriome constitué par de nombreux chondriocontes et quelques mitochondries granuleuses (pl. 13, fig 42). Un peu plus tard, lorsque l'épiderme commence à se pigmenter, on peut observer tous les stades de formation de l'anthocyane au sein des chondriocontes. Le phénomène s'effectue exactement comme dans les feuilles de Noyer et il est inutile de le décrire de nouveau (pl. 13, fig. 43 à 46). En même temps que s'effectue cette pigmentation, on peut suivre dans les cellules du mésenchyme la transformation des chondriocontes en chloroplastes. On observe les mêmes phénomènes

dans l'épiderme des jeunes feuilles de la gemmule. Dans les cellules du parenchyme du cotylédon et des jeunes feuilles, la pigmentation s'effectue aussi de la même manière, mais un peu après la formation des chloroplastes.

La pigmentation dans l'axe hypocotylé et dans la radicule est un peu plus difficile à observer. Dans l'axe hypocotylé, l'anthocyane apparaît dans des cellules qui n'offrent ni chloroplastes, ni amyloplastes ; de même, dans la radicule, le pigment est élaboré dans des cellules dépourvues d'amyloplastes. Cependant, aussi bien dans l'axe hypocotylé que dans la radicule, l'anthocyane n'apparaît qu'au moment où toutes les cellules dépourvues de pigments qui les avoisinent offrent déjà de jeunes chloroplastes ou de jeunes amyloplastes. Il ne nous a pas été possible de préciser l'origine des cellules à anthocyane et de savoir si elles correspondent à des cellules spécialisées qui ne forment pas de chloroplastes, ni d'amyloplastes, ou si ce sont des cellules ordinaires dans lesquelles ces plastes se résorbent peu de temps avant l'élaboration de l'anthocyane ; cependant, comme nous n'avons jamais rencontré dans ces cellules de traces de plastes en voie de désorganisation, nous serions plutôt disposé à admettre la première hypothèse.

Quoi qu'il en soit, on constate que les cellules qui commencent à élaborer de l'anthocyane renferment de grosses vacuoles et un chondriome formé presque exclusivement par des bâtonnets très courts et par des mitochondries granuleuses distribués dans tout le cytoplasme. Ce sont les mitochondries granuleuses qui dominent de beaucoup ; les bâtonnets sont plus rares et on ne rencontre qu'exceptionnellement des chondriocontes un peu allongés. La majorité de ces éléments participe à l'élaboration du pigment et l'on peut observer facilement des stades de transition entre ces éléments et de grosses sphérules encore pourvues d'une écorce mitochondriale (pl. 13, fig. 38 à 41). Les mitochondries granuleuses prennent la forme de vésicules dont le centre est occupé par le composé coloré en jaune par le bichromate (méthode de Regaud) ou en brun par l'acide osmique (méthode de Benda). Les bâtonnets se transforment aussi intégralement en vésicules allongées remplies de pigment. Les vésicules ainsi formées s'accroissent peu à peu par suite de l'augmentation de volume de la masse pigmentaire contenue dans leur intérieur, tandis que l'écorce mitochondriale qui les entoure

devient de plus en plus mince. Elles prennent l'aspect de grosses sphérules qui bientôt s'introduisent dans la vacuole. Là, les sphérules se fusionnent souvent les unes aux autres, on les voit devenir moins nombreuses, grossir et prendre des aspects en chaînes ou en étoile ou des formes irrégulières, lobées, ressemblant à des levures en voie de bourgeonnement, puis constituer d'énormes masses qui finissent par se dissoudre dans la vacuole et former sous l'action du bichromate de potassium un précipité finement granuleux. Ici encore, il est difficile de préciser le moment où l'écorce mitochondriale qui enveloppe les sphérules pigmentaires disparaît. A la fin du phénomène, les cellules ne renferment plus guère qu'une énorme vacuole remplie d'anthocyane, le cytoplasme est devenu très pauvre et presque dépourvu de mitochondries ; le noyau très petit occupe un des bords de la cellule.

c) Tubercules de pomme de terre. — Dans certaines variétés de tubercules de Pomme de terre, les assises les plus jeunes du méristème du liège élaborent un pigment anthocyanique rouge. Une coupe très mince de l'écorce d'un tubercule encore très jeune qui commence à rougir, examinée dans l'eau, montre assez distinctement son contenu. On y voit un noyau central et un cytoplasme creusé par de nombreuses vacuoles. Dans toute la trame cytoplasmique et principalement autour du noyau, on observe de très nombreuses et très petites granulations qui semblent correspondre à des mitochondries. Dans certaines cellules, on peut constater que ces granules prennent une teinte rouge pâle, puis grossissent, se transforment en grosses sphérules d'un rouge plus accentué et d'un aspect brillant, puis pénètrent dans les vacuoles et s'y dissolvent. Ici le pigment ne présente pas les mêmes caractères que dans les exemples précédents. Il ne noircit pas par les sels ferriques, ni par l'acide osmique, cependant il se fixe et se colore en jaune par le bichromate de potassium, ce qui permet de suivre sa formation dans les préparations fixées par la méthode de Regaud.

Une coupe transversale d'un tubercule très jeune fixée et colorée par cette méthode permet d'observer tous les stades de la formation de l'anthocyane. Ici l'anthocyane est élaborée par des mitochondries granuleuses. Comme nous l'avons montré dans notre précédent Mémoire sur les mitochondries (1), on ne trouve dans les cellules du

(1) Guilliermond : *Loc. cit.*

tubercule de Pomme de terre que des mitochondries granuleuses. Dans les cellules de la moelle et dans la plupart des cellules du phelloderme et du parenchyme cortical primaire, ces mitochondries élaborent de l'amidon, tandis que dans les assises les plus internes du méristème du liège, elles forment de l'anthocyane. Les cellules les plus jeunes qui n'ont pas encore formé d'anthocyane renferment un noyau situé au centre ou à la périphérie de la cellule et de grosses vacuoles séparées par de minces brides cytoplasmiques. Les mitochondries granuleuses, très nombreuses, sont réparties dans toute la trame du cytoplasme et plus particulièrement autour du noyau. A un stade plus avancé, on voit se former dans l'intérieur d'un certain nombre d'entre elles une vésicule occupée par un composé phénolique coloré en jaune par le bichromate et qui représente l'anthocyane (pl. 13, fig. 47 et 48). La boule pigmentaire s'accroît progressivement, tandis que l'écorce mitochondriale qui l'entoure s'amincit. Les vésicules sont alors transformées en grosses sphérules. L'écorce mitochondriale persiste jusqu'à ce que la boule pigmentaire ait achevé sa croissance, puis finit par disparaître entièrement. Parvenues au terme de leur croissance, ces sphérules s'introduisent dans les vacuoles et s'y dissolvent. Les vacuoles apparaissent alors remplies d'un contenu granuleux jaunâtre résultant de la précipitation par le bichromate de potassium de l'anthocyane dissoute dans le suc vacuolaire.

B. — Formation des pigments anthocyaniques dans les feuilles pendant l'automne.

Nous n'avons observé le rougissement automnal que dans les feuilles de Vigne-Vierge *(Ampelopsis Veitchii)*. La formation du pigment est ici beaucoup plus difficile à suivre parce que le rougissement se produit très rapidement et qu'on ne trouve pas facilement les stades du début du phénomène. Il est fort probable d'ailleurs qu'une partie de l'anthocyane résulte ici de la transformation de composés phénoliques incolores formés antérieurement dans les cellules. L'étude vitale du phénomène n'est pas réalisable, mais la méthode de Regaud permet d'obtenir quelques renseignements sur le mode de formation du pigment. Si nous examinons par cette méthode la coupe transversale d'une feuille qui commence à rougir,

où la couleur rouge est encore peu accentuée et ne s'étend que sur certaines parties de la feuille, nous voyons que des composés phénoliques apparaissent dans la plupart des cellules épidermiques et parenchymateuses. L'examen de coupes à la main sur des feuilles fraîches permet de constater que les composés phénoliques sont tous colorés en rouge et sont par conséquent tous des pigments anthocyaniques. Ces composés noircissent par les sels ferriques et réduisent l'acide osmique.

Dans l'épiderme, il n'est pas possible de suivre ces processus de la pigmentation, car le pigment paraît se former de très bonne heure et se trouve presque toujours déjà dissous dans la vacuole ou disséminé dans le cytoplasme sous forme de grosses sphérules dépourvues d'écorce mitochondriale. Au contraire, l'examen des cellules du parenchyme est plus favorable. Certaines de ces cellules ne renferment pas encore d'anthocyane; dans d'autres, le pigment est en voie de formation, et dans quelques-unes enfin, il se trouve déjà localisé dans la vacuole. Toutes ces cellules offrent un petit noyau qui occupe le centre de la cellule, un cytoplasme très pauvre et de grosses vacuoles. Les chloroplastes sont parfois en voie de dégénérescence ; beaucoup de cellules renferment des chloroplastes encore normalement constitués, quelques-unes montrent des chloroplastes en voie de dégénérescence, les autres enfin en sont complètement dépourvus. La dégénérescence des chloroplastes se manifeste d'abord par une diminution très sensible de leur chromaticité avec l'hématoxyline ferrique et par une transformation de leur structure qui d'homogène devient alvéolaire ; les chloroplastes semblent ensuite se résoudre en petits grains à peine colorables, puis disparaissent entièrement. Les cellules où la pigmentation n'a pas encore commencé ont un chondriome constitué d'un assez grand nombre de mitochondries granuleuses ou de petits bâtonnets et rarement quelques chondriocontes assez allongés. Dans les cellules en voie de pigmentation, on observe tous les passages entre les mitochondries et les bâtonnets et de grosses sphérules pigmentaires dépourvues d'écorce mitochondriale. La formation du pigment s'effectue donc comme dans la plantule de Ricin; les mitochondries granuleuses et les bâtonnets se transforment en vésicules remplies d'un composé phénolique et enveloppées d'une écorce mitochondriale. La masse pigmentaire s'accroît peu à peu dans la mitochon-

drie vésiculeuse pendant que son écorce mitochondriale s'amincit progressivement et disparaît. Les vésicules sont alors transformées en grosses sphérules de pigments qui s'introduisent dans les vacuoles et s'y dissolvent.

C. — Formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs.

Notre observation a porté principalement sur la fleur d'*Iris germanica*. Cette observation nous a permis de vérifier et de compléter les résultats antérieurs de Politis.

On sait que la corolle de cette fleur offre une teinte d'un violet bleuâtre due à la présence d'un pigment anthocyanique dissous dans le suc vacuolaire.

Nous avons montré dans une note antérieure (1) que les cellules de l'épiderme de la fleur d'*Iris germanica* constituent un précieux objet pour l'étude vitale des mitochondries. Les cellules des pétales de cette fleur sont énormes et offrent un cytoplasme peu abondant, très transparent qui laisse admirablement distinguer le noyau et le chondriome, presque aussi bien qu'une préparation colorée. Il suffit pour observer le chondriome et suivre son évolution, de détacher un fragment de l'épiderme des pétales et de le placer sur une lame avec une goutte de solution isotonique de sel marin.

Si l'on examine une cellule très jeune de l'épiderme d'un pétale, on observe le noyau avec son nucléole et un chondriome formé par un grand nombre de longs chondriocontes flexueux, parfois ramifiés, et par quelques mitochondries granuleuses. Ces éléments sont répartis dans tout le cytoplasme de la cellule et souvent plus nombreux au voisinage du noyau. Les éléments du chondriome évoluent de deux manières différentes. Dans la grande majorité des cellules, ils se transforment en leucoplastes inactifs, ne produisant pas d'amidon ; pour cela, ils prennent la forme d'haltères dont les deux têtes se séparent par résorption de la partie effilée qui les réunit et deviennent des leucoplastes arrondis. Au contraire, dans certaines cellules épidermiques correspondant aux veines teintées de brun violacé qui ornent le voisinage de l'onglet et tranchent sur la

(1) Guilliermond : Sur l'étude vitale du chondriome de l'épiderme des pétales d'*Iris germanica* et son évolution en leuco- et chromoplastes. *(Soc. de Biologie,* juin 1911.)

couleur bleu violacée due à l'anthocyane de tout le reste du pétale, les chondriocontes évoluent en chromoplastes xanthophylliens qui naissent par le même procédé que les leucoplastes.

Dans les deux cas, les mitochondries granuleuses qui, avec les chondriocontes, constituent le chondriome, ne paraissent jouer aucun rôle dans ces phénomènes.

En dehors du chondriome, on observe dans le cytoplasme des cellules les plus jeunes qui n'ont pas encore fourni d'anthocyane, un corpuscule beaucoup plus brillant que les mitochondries, d'aspect oléagineux, qui représente le cyanoplaste décrit par Politis dans les cellules épidermiques de différentes fleurs. Ce corpuscule d'abord incolore et très petit, seulement un peu plus gros que les mitochondries granuleuses, grossit peu à peu jusqu'à égaler ou surpasser le volume du noyau, puis s'imprègne de matière colorante violet bleuâtre. La couleur du pigment, d'abord très pâle, s'accentue peu à peu. A un stade ultérieur le cyanoplaste s'introduit dans la vacuole et s'y dissout, donnant à la vacuole une teinte violet bleuâtre uniforme. Il ne nous a malheureusement pas été possible d'observer la formation du cyanoplaste, mais les résultats que nous avons obtenus dans les cas précédents autorisent à penser qu'il résulte de l'augmentation de volume d'une mitochondrie granuleuse préexistante.

C'est précisément ce qui semble résulter de l'examen de préparations fixées et colorées par la méthode de Regaud. Dans une coupe longitudinale d'un bourgeon floral encore très jeune, on observe dans les cellules mésenchymateuses des pétales de nombreux chloroplastes et quelques mitochondries granuleuses ou en petits bâtonnets, tandis que dans l'épiderme on constate la présence de quelques mitochondries granuleuses et d'un grand nombre de chondriocontes allongés dont quelques-uns se renflent à leur extrémité pour donner naissance aux leucoplastes. Enfin, on trouve en outre dans les cellules les plus jeunes où la pigmentation est encore à son début, un petit corpuscule sphérique localisé dans un endroit quelconque de la cellule et souvent au voisinage du noyau, qui correspond à un jeune cyanoplaste. Ce cyanoplaste présente l'aspect d'une vésicule remplie d'un composé phénolique coloré en jaune grisâtre par le bichromate et entouré d'une écorce qui se colore par l'hématoxyline comme les mitochondries. Il correspond donc aux vésicules phénoliques dérivées de mitochondries que nous avons décrites précédemment et qui, ici,

au lieu de se former en très grand nombre, comme dans les cas précédents, est unique par cellule. Bien que nous n'ayons pu constater l'origine mitochondriale de ce corpuscule par le fait qu'il est unique par cellule et que sa filiation avec les mitochondries est par conséquent difficile à établir, la présence d'une écorce mitochondriale, jointe à tous les faits que nous avons observés ailleurs, suffisent, nous semble-t-il, pour admettre qu'il provient de la transformation directe d'une mitochondrie granuleuse. Dans les cellules plus âgées, ce corpuscule ne tarde pas à augmenter de volume par suite de l'accroissement de la masse pigmentaire contenue à son intérieur, tandis que son écorce mitochondriale s'amincit et disparait, puis il s'introduit dans la vacuole où il se dissout. Nous avons observé, presque toujours après la dissolution de ce corpuscule, la formation dans le cytoplasme d'un assez grand nombre d'autres cyanoplastes analogues aux précédents qui, après leur dissolution dans la vacuole, viennent augmenter la quantité de pigment dissous dans le suc vacuolaire.

L'examen vital de jeunes pétales d'un certain nombre de fleurs renfermant de l'anthocyane, notamment des fleurs de divers Dahlias, nous ont permis de constater que l'anthocyane apparaissait aussi dans un cyanoplaste unique par cellule. On peut admettre que dans les fleurs, les pigments anthocyaniques ne se forment pas de la même manière que dans les autres organes des végétaux. Tandis que dans les jeunes feuilles et les autres exemples que nous avons examinés précédemment, une grande partie du chondriome de chaque cellule participe à l'élaboration du pigment, la plupart des mitochondries se transformant en sphérules pigmentaires comparables au cyanoplaste de Politis, dans les fleurs, au contraire, le pigment est le produit de l'activité d'une seule mitochondrie ou d'un petit nombre de mitochondries qui élaborent à elles seules tout le pigment de la cellule.

D) — Origines des composés phénoliqués incolores.

On a vu que les pigments anthocyaniques, qui se forment le plus souvent de toutes pièces au sein des mitochondries, peuvent dans un assez grand nombre de cas apparaître dans les mitochondries d'abord sous forme de composés phénoliques incolores qui se transforment

peu à peu en pigments anthocyaniques au cours de leur croissance au sein des mitochondries. Nous avons montré enfin qu'il arrive parfois par suite de circonstances inconnues que ces composés phénoliques, formés dans des cellules qui normalement renferment de l'anthocyane, peuvent ne pas se transformer en pigment et rester incolores même une fois dissous dans la vacuole. C'est ainsi que nous avons vu que dans les feuilles de Rosier, les cellules qui constituent les dents, qui normalement sont pigmentées, peuvent dans certains cas rester incolores et élaborer cependant un composé phénolique incolore qui chimiquement se comporte comme l'anthocyane et prend naissance au sein des mitochondries. C'est ainsi également que nous avons signalé le fait que l'on rencontre parfois des plantules de Ricin qui, sans qu'on en puisse expliquer la cause, peuvent être dépourvues d'anthocyane et dans lesquelles les cellules qui normalement élaborent ce pigment renferment néanmoins un composé phénolique incolore élaboré par le même processus que l'anthocyane.

A côté des cellules qui normalement élaborent des pigments anthocyaniques pouvant dans certains cas exceptionnels être remplacés par des composés phénoliques incolores, il existe, dans presque toutes les plantes que nous avons observées, des cellules qui sont le siège d'une élaboration de composés phénoliques qui restent toujours incolores.

a) Jeunes tiges et jeunes feuilles de Noyer et de Rosier. — C'est ce qui résulte surtout de nos recherches sur les jeunes feuilles et les jeunes tiges de Noyer. Dans ces organes, nous avons vu que l'anthocyane est localisée dans l'épiderme et parfois aussi dans les cellules sous-épidermiques. En dehors de ces cellules, on trouve en grande abondance des composés phénoliques incolores dans les poils sécréteurs des feuilles et dans certaines cellules isolées du mésenchyme des jeunes feuilles, enfin dans de nombreuses cellules du parenchyme cortical et de la moelle de la tige, disposées en longues files et formant un réseau comme les cellules tannifères de la tige de Rosier. Ces composés phénoliques se comportent tous comme les pigments anthocyaniques : ils noircissent sous l'action des sels ferriques, réduisent fortement l'acide osmique et fixent le bleu de méthylène. Sous l'action du bichromate de potassium, ils se colorent avec des nuances diverses : ceux qui sont élaborés dans les poils sécréteurs prennent comme l'anthocyane, avec ce réactif, une

teinte jaune brillante ; au contraire, ceux qui prennent naissance dans les cellules en files de la tige se colorent en brun jaunâtre (pl. 13, fig. 35, 36 et 37). Il semble que ces derniers soient de véritables tannins. Tous ces composés sont le produit de l'activité des mitochondries et se forment exactement comme l'anthocyane.

Leur formation est surtout facile à suivre dans les jeunes poils sécréteurs. On sait que ces poils formés d'un certain nombre de cellules disposées en coupes, et portées par un pédicelle constitué en général de deux cellules superposées, ont pour fonction d'élaborer une huile essentielle. Ce produit une fois élaboré par le cytoplasme vient s'accumuler entre la cuticule et la paroi cellulosique des cellules glandulaires (sécrétion intrapariétale).

L'observation vitale de ces poils, au début de leur formation, alors qu'ils ne comprennent encore que deux ou trois cellules, permet de suivre très nettement les processus d'élaboration de cette substance. On observe dans toutes les cellules de ces poils un gros noyau central autour duquel sont assemblés de nombreux chondriocontes allongés et flexueux qui, le plus souvent, ont un aspect brillant qui les rend très distincts. Si l'on fait passer dans la préparation un courant de sels ferriques, on obtient le noircissement de ces éléments qui également réduisent fortement l'acide osmique et fixent le bleu de méthylène. Ils sont donc imprégnés sur toute leur longueur d'un composé phénolique qui leur donne l'aspect brillant que nous avons mentionné. A un stade ultérieur, on voit ces chondriocontes se renfler à leurs extrémités et prendre l'aspect d'haltères dont les deux têtes finissent par s'isoler par rupture de la partie effilée qui les réunit, puis se transforment en grosses sphérules qui vont ensuite se dissoudre dans les vacuoles.

L'examen de coupes longitudinales de jeunes feuilles de Noyer fixées et colorées par la méthode de Regaud permet d'observer avec une grande netteté tous les détails de ces phénomènes qui sont ici beaucoup plus faciles à suivre que les processus de l'élaboration de l'anthocyane dans les cellules épidermiques, parce que les cellules y sont plus grosses que les cellules de l'épiderme. L'élaboration du composé phénolique commence dès le début de la formation de ces poils, c'est-à-dire dès le moment où la cellule épidermique qui va donner naissance à un poil s'allonge de manière à faire saillie au dehors de l'assise épidermique. On observe, par exemple, des

figures comme celle que nous avons représentée (pl. 12, fig. 16). Dans cette figure, le chondriome de la cellule épidermique est constitué par de nombreux chondriocontes et par quelques mitochondries granuleuses. Dans la région inférieure, qui après le cloisonnement transversal de cette cellule constituera une cellule épidermique ordinaire, les chondriocontes élaborent de l'anthocyane, tandis que dans la région supérieure destinée à devenir la cellule mère du poil, les mêmes éléments produisent un composé phénolique incolore qui se colore en jaune brillant par le bichromate de potassium exactement comme l'anthocyane. Cette production de composés phénoliques se poursuit pendant toute la durée de la formation du poil pour cesser au moment où le poil est définitivement constitué.

En examinant ces poils au cours de leur développement, on peut donc observer tous les détails des processus de l'élaboration du composé phénolique incolore. Ce composé est élaboré exactement comme l'anthocyane au sein de chondriocontes assemblés autour du noyau. Il est inutile que nous insistions sur ce phénomène que nous avons décrit à propos de la formation de l'anthocyane ; nous ne ferions que nous répéter. Les figures que nous représentons (pl. 12, fig. 17 à 29) sont d'ailleurs suffisamment nombreuses et explicites pour nous dispenser de toute description.

On peut observer aussi la production par le même processsus d'un composé incolore de même nature dans les poils simples des mêmes feuilles pendant leur formation.

La présence de ces composés phénoliques dans les poils sécréteurs des feuilles de Noyer, dont le rôle est d'élaborer une huile essentielle, est intéressante à signaler, parce que certains auteurs, entre autres Mesnard (1) et Mielke (2), ont été amenés à admettre que les huiles essentielles seraient les produits terminaux de la métamorphose des tannins. Les observations que nous avons faites seraient donc de nature à appuyer cette opinion et il serait intéressant de poursuivre l'étude des poils sécréteurs de manière à voir ce que deviennent les composés tanniques dissous dans les vacuoles.

Les processus de l'élaboration des composés phénoliques inco-

(1) Mesnard. — Recherches sur la formation des huiles grasses et des huiles essentielles dans les végétaux. (*Thèse de Doctorat ès sciences*, Paris, 1894).

(2) Mielke : Ueber die Stellung der Gerbsaüren in Stoffwechsel der Pflanzen. (*Bot. Centralbl.*, T. LIX).

lores dans les cellules mésenchymateuses des jeunes feuilles et dans les cellules du parenchyme cortical et de la moelle des jeunes tiges sont beaucoup plus difficiles à suivre, parce que ces composés se forment très rapidement et en très grandes quantités. Toutefois, en examinant avec beaucoup d'attention ces cellules, on arrive à trouver des stades où le composé phénolique est en voie de formation au sein de chondriocontes et à observer des phénomènes absolument analogues à ceux que nous venons de décrire pour les poils sécréteurs. Dans beaucoup de ces cellules, la production du composé phénolique est généralement précédée de la transformation d'une partie des éléments du chondriome en chloroplastes et les cellules renferment déjà des chloroplastes, en forme de petits fuseaux à peine plus gros que les chondriocontes, lorsqu'elles commencent à élaborer le composé phénolique (pl. 13, fig. 32 à 34). Comme les cellules médullaires disposées en longues files de la tige du Noyer, qui renferment un composé phénolique colorable en jaune brun, paraissent correspondre à des cellules tannifères analogues à celles qui sont bien connues dans la moelle de la tige du Rosier, il semble donc qu'on puisse conclure que le tannin est aussi le produit de l'activité des mitochondries.

Les feuilles et les tiges de Rosier offrent des phénomènes analogues.

b) Plantules de haricot. — On trouve également des composés phénoliques toujours incolores dans certaines cellules parenchymateuses de l'axe hypocotylé et des jeunes feuilles de la plantule de Haricot *(Phaseolus vulgaris)* au bout de quelques jours de germination. Ce composé, qui se colore en jaune brillant par le bichromate de potassium, est formé ici au sein de courts bâtonnets mitochondriaux ou parfois de mitochondries granuleuses (pl. 13, fig. 49). Par contre, il ne se produit jamais d'anthocyane dans aucune cellule de ces plantules.

III. — CONCLUSIONS. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET DÉDUCTIONS PHYSIOLOGIQUES.

A) Résumé des résultats. — Les résultats de nos recherches peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Les pigments anthocyaniques, dans tous les cas que nous

avons examinés, sont les produits de l'activité des mitochondries.

2° A côté des pigments anthocyaniques, localisés dans des cellules spéciales, il existe dans la plupart des plantes que nous avons observées, des composés phénoliques incolores, qui prennent avec le bichromate de potassium une teinte jaune, dont quelques-uns sont de véritables tannins, mais dont les autres semblent être des composés de même nature que les pigments anthocyaniques. Ces composés sont, comme l'anthocyane, le produit de l'activité des mitochondries.

3° L'anthocyane apparaît, en général, dans les cas que nous avons observés, directement au sein des mitochondries à l'état de pigment, mais peut aussi assez souvent cependant, naître indirectement d'abord sous forme d'un composé phénolique incolore qui se transforme peu à peu en pigment au cours de son développement dans les mitochondries ou une fois dissous dans les vacuoles.

4° Tous les composés phénoliques incolores ou pigmentés s'élaborent par des processus assez analogues qui se ramènent à trois types :

a) Le composé phénolique est élaboré au sein d'un chondrioconte. — Il apparaît sur toute la longueur de son trajet sous forme d'un cordon entouré d'une écorce mitochondriale. Le chondrioconte prend ensuite la forme d'un haltère, dont les deux têtes se séparent par rupture de la partie effilée qui les réunit. Les deux têtes une fois séparées offrent l'aspect de petites vésicules constituées par une boule de composé phénolique enveloppée de toute part par une écorce mitochondriale. Les vésicules ainsi formées grossissent peu à peu par suite de la croissance dans leur intérieur de la boule de composé phénolique, tandis que leur écorce s'amincit progressivement, puis arrive à s'épuiser et à disparaître. La boule de composé phénolique, dépourvue d'écorce mitochondriale et arrivée au terme de sa croissance s'introduit dans une vacuole préformée dans la cellule et se dissout dans le suc cellulaire. C'est par ce procédé que se forment les pigments anthocyaniques et les composés phénoliques incolores des jeunes feuilles de Rosier et de Noyer, des cotylédons et des feuilles de la plantule de Ricin.

b) Le composé phénolique est élaboré au sein des mitochondries granuleuses ou de bâtonnets très courts. — La mitochondrie ou le bâtonnet très court se transforme intégralement en une vésicule

occupée par une boule de composé phénolique et entourée d'une écorce mitochondriale. La boule de composé phénolique s'accroît peu à peu, tandis que son écorce mitochondriale s'amincit et disparaît, puis elle s'introduit dans la vacuole et s'y dissout. C'est ce qu'on observe pour les pigments anthocyaniques qui apparaisssent dans l'axe hypocotylé et la radicule de la plantule de Ricin, dans les tubercules de certaines variétés de Pomme de terre, dans le rougissement automnal des feuilles de Vigne-Vierge *(Ampelopsis Veitchii)*.

c) Le composé phénolique peut être élaboré au sein d'un petit corpuscule, unique par cellule, qui paraît résulter de la différenciation d'une mitochondrie granuleuse. — Le corpuscule décrit antérieurement par Politis sous le nom de cyanoplaste apparaît comme une vésicule occupée par une boule de composé phénolique et enveloppée d'une écorce mitochondriale. La boule de composé phénolique s'accroît peu à peu, tandis que son écorce mitochondriale s'amincit, puis disparaît. Parvenue au terme de sa croissance, la boule s'introduit dans la vacuole et s'y dissout.

C'est le processus décrit par Politis pour la formation de l'anthocyane dans les pétales d'un assez grand nombre de fleurs et que nous avons pu retrouver dans la fleur d'*Iris germanica,* mais tandis que Politis considère le cyanoplaste comme une néo-formation cytoplasmique, nous admettons qu'il résulte d'une mitochondrie.

B) Identité entre les mitochondries des cellules végétales et les mitochondries des cellules animales. — Une question reste à examiner maintenant. Au Congrès de Lausanne, à la suite de notre démonstration, MM. Levi et Pensa nous ont objecté que les mitochondries au sein desquelles naissent l'anthocyane, aussi bien que celles qui donnent naissance aux plastes de Schimper, ne sont point assimilables aux véritables mitochondries, à celles qui ont été décrites dans les cellules animales. Pensa, comme nous l'avons dit, est même revenu sur ce sujet dans la récente note qu'il a publiée sur l'origine de l'anthocyane après avoir examiné nos préparations. Cela nous oblige donc à discuter cette importante question de cytologie générale.

Les mitochondries des cellules végétales se présentent exactement avec les mêmes formes caractéristiques que les mitochondries des cellules animales. Ce sont des bâtonnets plus ou moins allongés

(chondriocontes) et des grains isolés (mitochondries granuleuses) ou réunis en chaînes (chondriomites). La forme granuleuse est assurément commune à beaucoup de formations cellulaires, mais la forme en bâtonnets est absolument caractéristique des mitochondries.

Histochimiquement, les mitochondries des cellules végétales se comportent comme les mitochondries des cellules animales. Elles sont altérées par les agents de fixation ordinaires renfermant de l'acide acétique et de l'alcool et ne peuvent être fixées et colorées que par les méthodes dites mitochondriales, c'est-à-dire celles de Regaud, Benda et Altmann. Avec ces différentes méthodes, elles se colorent électivement et comme les mitochondries des cellules animales. Evidemment cette coloration n'est pas spécifique, car divers corps de nature variée, tels que les nucléoles, les cristalloïdes de protéine, se colorent de la même manière, mais en cytologie, on ne connaît pas de coloration spécifique. L'ensemble de ces caractères de fixation et de coloration suffisent à caractériser les mitochondries.

Les mitochondries des cellules végétales évoluent comme les mitochondries des cellules animales. Elles se rencontrent dans toutes les cellules, elles paraissent être des organites constants de la cellule qui ne peuvent naître autrement que par division de mitochondries préexistantes.

Enfin, et c'est un point capital, il y a homologie de fonction entre les mitochondries des cellules végétales et les mitochondries des cellules animales. Il résulte en effet de travaux de Regaud et de son école, confirmés par un très grand nombre d'auteurs, que les mitochondries des cellules animales ont pour fonction principale d'élaborer les produits dé sécrétion les plus divers de la cellule. Or, Dubreuil a constaté que les globules de graisses des cellules adipeuses du tissu conjonctif naissent dans l'intérieur des vésicules mitochondriales formées à l'extrémité ou au milieu des chondriocontes par un processus exactement analogue à celui que nous avons décrit pour l'élaboration de l'amidon dans beaucoup de végétaux. En outre, les recherches récentes de Policard, Mulon, Prenant, Luna et Mlle Asvadourova, ont montré que la plupart des pigments des cellules animales sont élaborés au sein des mitochondries. Or, tantôt ce sont des mitochondries qui s'imprègnent elles-mêmes de pigments, tantôt ce sont des corpuscules plus gros ou plastes, résutant d'une différenciation des mitochondries qui élabo-

rent ce pigment, soit à l'état diffus, soit à l'état de cristaux. Ce dernier cas correspond absolument aux processus de l'élaboration des pigments xanthophylliens décrits par W. Schimper, A. Meyer et Courchet, et que nous avons récemment vérifiés. Il est vrai que les mitochondries des cellules animales sont rarement visibles sur le vivant et ne produisent jamais de plastes aussi différenciés que ceux de la cellule végétale, aussi leur rôle dans les sécrétions est-il beaucoup plus difficile à démontrer et reste un peu hypothétique. Mais nos recherches sur la cellule végétale où les mitochondries sont souvent visibles sur le frais et où l'on peut suivre tous les détails de leur pigmentation, comme dans la feuille du Rosier, et où dans d'autres cas, elles donnent naissance aux plastes de W. Schimper qui offrent des dimensions considérables et dont le fonctionnement est depuis longtemps connu, confirment d'une manière évidente les résultats obtenus en cytologie animale.

Levi et Pensa qui refusent aux mitochondries des cellules animales le rôle élaborateur qu'on leur attribue et les considère exclusivement comme des particules du cytoplasme porteuses des caractères héréditaires ne nous expliquent pas en vertu de quelle coïncidence étrange un grand nombre de cytologistes, qui, pour la plupart, ignoraient l'existence des plastes de Schimper et n'ont pas cherché à en rapprocher les mitochondries, ont été conduits à admettre que les mitochondries jouent un rôle analogue à celui des plastes végétaux, rôle que nos recherches de cytologie végétale confirment entièrement en établissant que les plastes de Schimper ne sont autre chose que des formations mitochondriales. Comment, d'autre part, admettre que des formations analogues, telles que les graisses et les pigments soient, chez les végétaux, le produit de l'activité de mitochondries ou de plastes issus des mitochondries et, chez les animaux, naissent d'une manière différente en dehors des mitochondries.

L'homologie morphologique, histochimique et physiologique que nous avons constatée entre les mitochondries des cellules végétales et les mitochondries des cellules animales démontrent d'une manière évidente que les mitochondries des deux règnes sont des formations identiques. Avec les idées de Pensa et de Levi, on pourrait tout aussi bien discuter l'homologation du noyau des cellules végétales et du noyau des cellules animales. Ce sont là des

arguments quelque peu paradoxaux invoqués en faveur d'une théorie obscure pour combattre des faits précis et clairs. D'ailleurs, il serait superflu d'insister plus longuement sur une question aussi évidente.

C) Considérations générales et déductions physiologiques. — Les résultats que nous avons obtenus sur l'origine mitochondriale des pigments anthocyaniques sont intéressants à plusieurs points de vue.

a) Au point de vue cytologique, ils montrent d'abord l'importance de plus en plus grande que paraissent jouer les mitochondries dans la vie cellulaire. Ils démontrent que les pigments anthocyaniques et les composés tanniques, que l'on croyait jusqu'ici naître dans les vacuoles, où ils se trouvent localisés une fois formés, sont en réalité élaborés au sein de mitochondries. Les pigments anthocyaniques, contrairement à ce qu'on admettait jusqu'ici, ont donc la même origine que les autres pigments végétaux (chorophylle, carotine, xanthophylle) et sont comme eux le produit de l'activité des mitochondries. Seulement, tandis que ces derniers, une fois formés, restent fixés dans leurs plastes, les pigments anthocyaniques se dissolvent dans les vacuoles. Ces résultats généralisent dans la cellule végétale l'opinion récemment soutenue par Prenant, Mulon et Asvadourova, qui admettent que dans la cellule animale la plupart des pigments ont une origine mitochondriale : ils montrent que les processus de l'élaboration des pigments s'effectuent par le même processus dans les deux règnes.

Enfin, nos observations font connaître un objet précieux pour l'étude vitale du chondriome, les feuilles de Rosier, qui permettent d'observer sur le frais avec une admirable netteté le chondriome des cellules des dents des jeunes feuilles et de suivre sur elles tous les processus de l'élaboration dans leur intérieur du pigment anthocyanique, ce qui met nos résultats à l'abri de toute critique et leur donne la rigueur d'une démonstration expérimentale. Ceci apporte un argument décisif contre l'opinion formulée récemment par quelques auteurs, notamment par Lundgard (1) qui nient la réalité des mitochondries et les attribuent à de simples artifices de préparation

(1) Lundgard : Ein Beitrag zur Kritik zweier Vererbunghypothesen. Ueber Protoplamastrukturen in der Wurzelmeristemzellen von *Vicia Faba*. (*Jahrb.* f. *wiss. Bot.*, 1910).

dus à l'altération du cytoplasme sous l'influence des fixateurs chromés. L'observation vitale du chondriome des feuilles de Rosier et la formation du pigment anthocyanique au sein de ces éléments est aussi une belle objection à opposer à la théorie de certains auteurs qui, comme Levi (1), sans contester la réalité des mitochondries, leur refuse la fonction élaboratrice qu'on leur attribue généralement.

b) Au point de vue physiologique pur, ces résultats apportent une intéressante contribution à certaines questions relatives à l'origine de l'anthocyane.

Rappelons d'abord d'une manière très sommaire l'état actuel de la physiologie de l'anthocyane, avant d'essayer de tirer de nos résultats les déductions physiologiques qu'ils comportent.

On connaît actuellement la composion chimique de l'anthocyane. Les travaux de Glan, Heise, A. Gautier, Molisch, Grafe, ont démontré que les pigments anthocyaniques sont tous des composés glucosidiques renfermant dans leur molécule des oxhydriles phénoliques.

Le rôle de l'anthocyane n'est pas encore débrouillé. On a cru que ce pigment avait la valeur d'un écran protecteur pour la chlorophylle ; d'autres auteurs ont essayé de montrer que l'anthocyane sert à absorber la chaleur rayonnante. Dans ces dernières années, on a généralement admis avec Palladine (2) que l'anthocyane rentrerait dans la catégorie des pigments respiratoires mise en évidence par cet auteur.

On sait que Palladine a constaté dans un grand nombre de plantes l'existence de chromogènes qui sont des composés aromatiques. Ces composés s'oxydent par l'intermédiaire d'oxydases. Le plus souvent, l'oxygène fixé sur les chromogènes est immédiatement repris grâce à la présence de réductases dans les cellules et les chromogènes restent incolores. Dans certains cas cependant, les phénomènes de réduction se ralentissent et, les oxydations devenant plus intenses, il y a fixation définitive de l'oxygène sur le chromogène et coloration de ces derniers. L'anthocyane serait donc au nombre de ces pigments respiratoires et résulterait de la modification d'un chro-

(1) G. Levi : Sulla presunta partecipazione dei condriosomi alla differenziazione cellulare. *(Ach. di Anat. di Embriologia*, 1911). — Note citol. sulle cellule somatiche dell' ovario dei mamiferi. *(Arch. f. Zellforsch.*, 1913).

(2) Palladine : Ueber die Bildung der Atmungschromogene in der Pflanzen. *(Ber. der Deut. Bot. Ges.*, 1908). Ueber Prochromogene der pflanzichen Atmungschromogene. *(Ber. der Deut. Bot. Ges.*, 1909).

mogène. Le rougissement des plantes correspondrait donc toujours à une accélération des processus d'oxydation et à un ralentissement des réactions réductrices.

Les conditions de formation des pigments anthocyaniques, qui ont été beaucoup étudiées dans ces dernières années, ont paru confirmer en partie cette opinion. A la suite des travaux de Palladine, Overton (1), Molliard (2), Buscalioni et Pollacci (3), Mirande (4), Wheldale (5), Laborde (6), R. Combes (7), V. Grafe (8), Colin (9), etc., on admet que la formation des pigments anthocyaniques est toujours corrélative d'une accumulation des composés hydrocarbonés solubles dans les cellules. Cette accumulation peut être provoquée par des causes externes diverses, telles qu'un éclairement intense déterminant une augmentation de l'activité chlorophyllienne, un refroidissement brusque provoquant la transformation de l'amidon en sucre et entravant la migration des hydrates de carbone élaborés par les feuilles, l'attaque des régions vasculaires de la plante arrêtant la circulation de la sève élaborée. On a pu la provoquer expérimentalement en pratiquant la décortication annulaire des plantes, ce qui entrave la circulation de la sève élaborée et détermine l'accumulation de cette sève au-dessus de la région décortiquée.

En outre, on a cherché à expliquer cette relation entre l'accumulation des composés hydrocarbonés solubles et l'apparition de l'an-

(1) Overton : Beobach. und Vers. über das Auftreten von rothem Zellsaft bei Pfl. (*Jahr. f. wiss. Bot.*, 1899).

(2) Molliard : Production expérim. de tubercules blancs et de tubercules noirs à partir des graines de Radis noirs (*C. R. Acad. des Sciences*, 1909).

(3) Buscalioni et Pollacci : Le anthocyanine ed il loro significato biologico. (*Atti dell' Ist. Bot. dell' Universita de Pavia*, 1903).

(4) Mirande : Sur l'origine de l'anthocyanine déduite de l'observation de quelques insectes parasites des feuilles (*C. R. Acad. des Sciences*, 1907).

(5) Wheldale : The colours and pigments of flowers, with special reference to genetics. (*Proc. of the Roy. Society*, 1909).

(6) Laborde : Sur le mécanisme physiologique de la coloration des raisins rouges et de la coloration automnale des feuilles (*C. R. Acad. Sciences*, 1908).

(7) R. Combes : Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane. (*Ann. des Sciences naturelles, Bot.*, 1909). — Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques. (*Rev. gén. de Bot.*, 1910).

(8) V. Grafe : Studien über das Anthokyan. (*Sitzungsber. der Kaiser. Akad. den Wissenchaften in Wien*, 1906 et 1909).

(9) Colin : Sur le rougissement des rameaux de *Salicornia fruticosa*. (*C. R. Acad. des Sciences*, 1909).

thocyane en supposant que cette accumulation devait amener une augmentation des processus d'oxydation : c'est cette oxydation, due sans doute à l'intervention d'oxydases, qui aurait déterminé la production des pigments anthocyaniques. Les recherches de Molliard et de Raoul Combes ont fourni des arguments en faveur de cette théorie. Raoul Combes a montré par l'étude des échanges gazeux pendant le rougissement que, quelle que soit la cause qui provoque la formation de l'anthocyane, le rapport CO^2 absorbé à O dégagé pendant l'assimilation est toujours plus élevé pendant le rougissement que dans les conditions normales et subit une diminution notable au moment où l'anthocyane disparait. La formation de l'anthocyane est donc accompagnée d'une oxydation plus intense et sa disparition d'une perte d'oxygène.

Cependant, à la suite de recherches toutes récentes (1), cet auteur a dû renoncer à l'idée que l'anthocyane est provoquée par une oxydation. Il a pu, en effet, réaliser la production artificielle, en dehors de l'organisme, d'une anthocyane, en partant d'un composé phénolique incolore extrait des feuilles vertes d'*Ampelopsis hederacea*. En soumettant la solution alcoolique de ce composé, acidifiée par l'acide chlorhydrique, à l'action de l'hydrogène naissant fourni par l'amalgame de sodium, Raoul Combes a obtenu sa transformation en une substance pourpre qui paraît avoir les mêmes caractères que l'anthocyane extraite des feuilles rouges de la même plante. L'auteur en conclut que la formation de l'anthocyane, considérée jusqu'ici comme un phénomène d'oxydation, serait, au contraire, un processus de réduction.

Relativement à l'origine de l'anthocyane, deux théories sont en présence.

L'une considère que l'anthocyane résulte de la transformation de composés phénoliques formés antérieurement dans la cellule (proanthocyane). Elle dériverait de l'oxydation d'un chromogène tannoïde par action oxydasique (Pick, Overton, Buscalioni et Pollacci, Laborde, Palladine, Wheldale).

L'autre, au contraire, admet que l'anthocyane se forme plutôt, en

(1) R. Combes : Production expérim. d'une anthocyane identique à celle qui se forme dans les feuilles rouges en automne en partant d'un composé extrait des feuilles vertes. (*C. R. Acad. des Sciences,* 1913).

général, de toute pièce. Elle a été formulée récemment par Raoul Combes et adoptée par V. Grafe.

V. Grafe invoque en faveur de cette hypothèse des raisons d'ordre purement chimique et pense que la formation de l'anthocyane résulte de synthèses et de dédoublements plus compliqués qu'une oxydation de composés phénoliques préformés.

Raoul Combes s'appuie sur les dosages des glucosides, qu'il a effectués avant et pendant la pigmentation, qui lui ont permis de constater que l'anthocyane est corrélative d'une augmentation des glucosides totaux. L'anthocyane étant un composé glucosidique, il semble donc que cette augmentation soit due à sa formation et que par conséquent le pigment rouge se forme plutôt de toute pièce.

Aussi Raoul Combes admet-il (1) que la production de l'anthocyane n'est qu'une modification temporaire d'un phénomène général consistant en l'élaboration par les cellules de composés phénoliques.

L'auteur a montré en effet que les composés phénoliques existent dans les feuilles d'*Ampelopsis hederacea* aussi bien en été qu'en automne, seulement, en été, ils se forment à l'état de produits incolores, alors qu'en automne ils sont élaborés à l'état de pigments. R. Combes a pu isoler dans les feuilles rouges d'automne un composé cristallisé en aiguilles pourpres groupées en rosette et dans les feuilles vertes d'été un composé cristallisé également en aiguilles groupées en rosette, mais dont la couleur est jaune clair. C'est précisément en partant de ce composé phénolique incolore qu'il a obtenu la production artificielle d'une anthocyane.

De cette série de faits, R. Combes conclut donc que la production de l'anthocyane n'est que la modification d'un phénomène continu sous des influences encore mal déterminées. Dans les conditions biologiques normales, le chimisme cellulaire aboutirait à la formation de composés phénoliques incolores qui ne prennent par conséquent aucune part à la coloration des tissus dans lesquels ils sont localisés; mais dans des conditions particulières et mal déterminées, réalisées par exemple en automne, les phénomènes de synthèse qui ont lieu dans ces régions aboutiraient à la formation de composés phénoliques

(1) R. Combes : Rech. sur la formation des pigments anthocyaniques (*C. R. de l'Acad. des Sciences*, 1911).

un peu différents de ceux qui se constituent dans les conditions normales ; ces nouveaux composés phénoliques présentent une vive coloration rouge, violette ou bleue et correspondent aux pigments anthocyaniques. R. Combes, moins exclusif que Grafe, admet cependant que dans certains cas, l'anthocyane peut résulter de la transformation des composés phénoliques préexistants.

Quelles sont maintenant les conditions qui déterminent dans les cellules élaborant normalement des composés phénoliques incolores, la production à certains moments de composés phénoliques colorés, c'est-à-dire des pigments anthocyaniques ? Jusqu'ici, R. Combes faisait intervenir une augmentation des processus d'oxydation ; on a vu qu'à la suite de ses dernières recherches, il admet maintenant que la production de l'anthocyane est au contraire le résultat d'une réduction.

Il est intéressant de constater que les résultats de nos recherches, d'ordre cytologique, apportent une confirmation relativement à l'origine des pigments anthocyaniques à l'opinion de R. Combes admise par Grafe et fondée sur une méthode très différente, la méthode biochimique.

Ils démontrent, en effet, que les pigments anthocyaniques dans tous les cas que nous avons observés se forment en général de toutes pièces, puisqu'ils apparaissent le plus souvent directement au sein des mitochondries. Ils confirment à ce point de vue les recherches antérieures de Politis qui, lui aussi, a constaté que l'anthocyane dans diverses fleurs, se forme directement dans l'intérieur des corpuscules spéciaux, les cyanoplastes, que nous avons démontré être simplement des formes dérivées de mitochondries. Nos résultats établissent cependant que, contrairement à l'opinion exclusive de Grafe, l'anthocyane peut résulter aussi dans un assez grand nombre de cas de la transformation d'un composé phénolique incolore, puisqu'on a vu qu'assez souvent l'anthocyane est précédée de l'apparition d'un composé phénolique incolore formé au sein des mitochondries et qui se pigmente peu à peu au cours de sa croissance dans la mitochondrie ou même une fois dissous dans la vacuole.

Enfin, un grand nombre de faits que nous avons observés sont favorables à la théorie de R. Combes qui considère la production des composés phénoliques dans les plantes comme un phénomène normal et constant, et la production de l'anthocyane comme une modification

de ce phénomène général. On a vu, en effet, que les composés phénoliques incolores sont fréquents dans les plantes que nous avons observées. Dans les jeunes feuilles et les jeunes tiges de Noyer, par exemple, on observe à la fois des composés phénoliques incolores et des pigments anthocyaniques localisés chacun dans des cellules spéciales et qui sont les uns et les autres le produit de l'activité des mitochondries. Dans d'autres cas, tels que les différents organes de la plantule du Haricot, on constate seulement la production de composés phénoliques incolores et jamais il ne se forme d'anthocyane. Enfin, dans certains cas, nous avons montré que les cellules qui, normalement, au stade où on les examine, produisent de l'anthocyane, peuvent, par suite de circonstances inconnues, n'en pas donner et élaborer cependant des composés phénoliques incolores. C'est ce que nous avons observé par exemple dans les cellules de certaines dents de jeunes feuilles de Rosier et de divers organes de certaines plantules de Ricin, qui normalement élaborent des pigments anthocyaniques. Cet ensemble de faits permet de penser que la production des pigments anthocyaniques n'est que la modification d'un phénomène continu sous l'influence de conditions spéciales mal connues qui déterminent, dans les cellules qui élaborent normalement des composés phénoliques incolores au sein de leurs mitochondries, la production dans ces mêmes mitochondries d'un produit phénolique un peu différent, plus ou moins intensivement coloré, qui est l'anthocyane. Ces conditions ne se trouvent jamais réalisées pour certaines cellules qui ne produisent que des composés phénoliques incolores. Elles sont au contraire réalisées à certains stades pour d'autres cellules qui forment normalement à ce stade des pigments anthocyaniques ; si cependant ces conditions viennent à manquer à ce stade, le composé phénolique normalement coloré est élaboré sous forme d'un produit incolore. Enfin, si ces conditions, manquant au début de l'élaboration de ce produit incolore, viennent à être réalisées au cours de sa formation ou même après sa dissolution dans les vacuoles, le composé incolore se transforme en anthocyane.

12 décembre 1913

Pendant l'impression de cet article, M. Raoul Combes a fait paraître une nouvelle Note sur l'anthocyane. (Passage d'un pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges d'automne au pigment jaune contenu

dans les feuilles vertes de la même plante. (*C. R. Ac. des Sciences*, 22 décembre 1913)].

L'auteur a pu obtenir la transformation du pigment anthocyanique rouge extrait des feuilles d'automne d'*Ampelopsis hederacea* en pigment jaune en additionnant sa solution alcoolique d'eau oxygénée, c'est-à-dire, par oxydation.

En examinant cet hiver de jeunes feuilles de Rosier poussant en serres, nous avons constaté des phénomènes qui semblent venir à l'appui de la possibilité d'une transformation dans la nature des pigments rouges en pigments jaunes clairs ou incolores.

L'étude des jeunes feuilles des mêmes variétés qui nous avaient servi d'objet d'étude cet été nous a montré que la formation de l'anthocyane s'effectuait, dans les conditions artificielles dans lesquelles ces Rosiers vivaient en serre, d'une manière un peu différente de ce que nous avions observé l'été. Les jeunes feuilles ne rougissaient que plus tardivement, à un stade de développement plus avancé; en outre, la couleur du pigment était toujours beaucoup moins intense. L'examen microscopique des dents de jeunes feuilles sur le frais, montrait que, dans la majorité des cas, les chondriocontes élaboraient d'abord un composé phénolique incolore qui peu à peu rougissait au cours de sa croissance dans les mitochondries ou parfois même une fois dissous dans les vacuoles. Enfin, et c'est là le fait le plus intéressant, nous avons observé plusieurs fois des dents où le composé phénolique apparaissait directement à l'état d'anthocyane dans les chondriocontes, puis se transformait au cours de sa croissance dans les chondriocontes en un composé incolore ou de couleur jaunâtre.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE 11

Toutes les figures ont été dessinées à la chambre claire de Zeiss à un grossissement de 1.500, d'après des préparations vitales.

Fig. 1. — Une dent d'une très jeune feuille de Rosier où l'on peut suivre les premiers stades de la formation du pigment anthocyanique. A la pointe, on observe des chondriocontes incolores et peu distincts (1), groupés autour du noyau, et plus bas des chondriocontes pigmentés et très distincts.

Fig. 2. — Ici, le pigment est précédé de l'apparition dans les chondriocontes d'un composé phénolique incolore. A la pointe de la dent, on observe des chondriocontes incolores et peu distincts. Un peu au-dessous, les chondriocontes prennent un aspect brillant et deviennent beaucoup plus distincts ; ils sont alors imprégnés d'un composé phénolique incolore. Plus bas, le composé phénolique incolore se pigmente.

(1) Ces chondriocontes ont été rendus par le lithographe beaucoup trop distincts.

Fig. 3. — Une dent d'une très jeune feuille de Rosier où l'on peut suivre tous les stades successifs de l'élaboration du pigment. Le pigment apparaît directement au sein des chondriocontes dans la pointe de la dent; puis, sur le milieu de la dent, les chondriocontes s'épaississent et prennent la forme d'haltères dont les deux têtes se séparent par rupture de la partie effilée qui les réunit et prennent l'aspect de grosses sphérules. Enfin, dans la région inférieure de la dent, les sphérules pigmentaires se dissolvent dans de petites vacuoles qui se fusionnent en une seule et énorme vacuole refoulant le noyau à la périphérie de la cellule.

Fig. 4. — Une dent d'une jeune feuille de Rosier où l'on observe très distinctement la formation des chondriocontes pigmentés en haltères, puis la séparation des têtes de ces haltères sous forme de grosses sphérules qui grossissent peu à peu. Une des cellules de la pointe renferme des chondriocontes incolores et n'a pas encore commencé à élaborer le pigment.

Fig. 5. et 6. — Cellules épidermiques d'une jeune feuille de Rosier à la fin de la pigmentation. Les deux cellules supérieures de la fig. 6 renferment plusieurs petites vacuoles remplies de pigment en dissolution. Dans les deux autres (ainsi que dans la fig. 5), le pigment se trouve à l'état de dissolution dans une énorme vacuole résultant de la fusion des petites vacuoles primitives. Autour du noyau on distingue quelques mitochondries granuleuses ou en bâtonnets.

PLANCHE 12

Toutes les figures des planches 12 et 13 ont été dessinées à la chambre claire de Zeiss à un grossissement de 1.500, d'après des préparations fixées et colorées par la méthode de Regaud.

Fig. 7. — Cellule épidermique d'une jeune feuille de Noyer avant l'élaboration du pigment, avec son chondriome formé par quelques mitochondries granuleuses et un grand nombre de chondriocontes.

Fig. 8 à 12. — Divers stades de l'élaboration du pigment au sein des mitochondries dans les cellules épidermiques d'une jeune feuille de Noyer. Le pigment apparaît sur toute la longueur des chondriocontes assemblés autour du noyau, sous forme d'une substance colorée en jaune par le bichromate de potassium qui a servi à la fixation; puis les chondriocontes se transforment en haltères dont les deux têtes s'isolent par rupture de la partie effilée qui les réunit et se présentent alors sous forme de vésicules mitochondriales dont le centre est occupé par le pigment.

Fig. 13 et 14. — Cellules épidermiques d'une jeune feuille de Noyer où le pigment est à un stade plus avancé. Les boules de pigment qui occupaient chacune des vésicules dérivées des chondriocontes ont épuisé leur écorce mitochondriale et se sont introduites dans les vacuoles. Une partie du chondriome subsiste.

Fig. 15. — Cellules épidermiques d'une jeune feuille de Noyer au moment où le pigment est complètement formé. Les boules de pigment se sont dissoutes dans les vacuoles et le pigment apparaît dans ces vacuoles sous forme d'un précipité granuleux jaune. Une partie du chondriome subsiste.

Fig. 16. — Une cellule épidermique d'une jeune feuille de Noyer, s'allongeant pour donner naissance à la cellule-mère d'un poil sécréteur. La partie du chondriome située dans la moitié inférieure de la cellule élabore le pigment anthocyanique comme dans les cas précédents, tandis que la moitié supérieure produit par le même procédé un composé phénolique non coloré, teint aussi en jaune par le bichromate.

Fig. 17. — Jeune poil sécréteur d'une feuille de Noyer ne comprenant encore que deux cellules ; les chondriocontes élaborent un composé phénolique incolore par un processus exactement semblable à celui par lequel les cellules épidermiques élaborent l'anthocyane.

Fig. 18, 19 et 21. — Jeunes poils sécréteurs d'une feuille de Noyer vue de face. Les chondriocontes assemblés autour du noyau s'imprègnent du composé phénolique coloré en jaune par le bichromate de potassium, puis se transforment en haltères, dont les têtes finissent par se séparer sous forme de vésicules. Dans la figure 19, la préparation n'a pas été suffisamment différenciée et dans un grand nombre de cas, le composé phénolique, qui imprègne les chondriocontes déjà en haltères, est resté coloré par l'hématoxyline comme son écorce mitochondriale.

Fig. 20. — Même stade, mais sur un poil vu de profil.

Fig. 22 à 28. — Id., mais à un stade un peu plus avancé. Dans certaines cellules, surtout les cellules inférieures, les boules de composé phénolique ayant épuisé leur écorce mitochondriale se sont introduites dans les vacuoles où elles se fusionnent les unes aux autres. Quelques-unes se sont vacuolisées (fig. 10, 20 et 22).

Fig. 29. — Poil de feuille de Noyer vu de face, à la fin de l'élaboration du composé phénolique. Le composé phénolique est dissous dans les vacuoles. Une partie du chondriome subsiste.

PLANCHE 13

Fig. 30 et 31. — Cellules de l'assise sous-épidermique du mésenchyme d'une jeune feuille de Noyer. Les chloroplastes déjà différenciés aux dépens d'une partie des chondriocontes apparaissent autour du noyau sous forme de fuseaux ou de bâtonnets un peu plus épais que les chondriocontes. Le pigment anthocyanique est en voie de formation dans les chondriocontes en haltères et dans les vésicules issues des chondriocontes.

Fig. 32 à 34. — Cellules mésenchymateuses plus profondes de la feuille de Noyer, élaborant un composé phénolique incolore. Le composé phénolique est déjà introduit dans les vacuoles sous forme de sphérules qui se fusionnent les unes aux autres.

Fig. 35. — Cellules de la moelle d'une jeune tige de Noyer. Cellules du parenchyme cortical (35 et 37), de la moelle (36), élaborant de la même manière que précédemment, un composé phénolique incolore, probablement tannin, teint par le bichromate en jaune-brunâtre. Dans la fig. 35, on observe de jeunes chloroplastes en fuseaux ou en bâtonnets épais, des chondriocontes en haltères imprégnés du composé phénolique et des vacuoles renfermant de grosses masses de composé phénolique. Dans la fig. 36, on voit les mêmes particularités, mais il n'y a pas de chloroplastes. Dans la fig. 37, les chloroplastes sont devenus très gros, quelques mitochondries subsistent autour du noyau et la vacuole énorme est remplie du composé phénolique en dissolution.

Fig. 38 à 40. — Cellules parenchymateuses de la radicule du Ricin (*Ricinus Gibsonii*), au bout de quelques jours de germination, en voie d'élaborer le pigment anthocyanique. Le chondriome est constitué par quelques chondriocontes allongés, et surtout par de nombreuses mitochondries granuleuses ou des bâtonnets courts. L'anthocyane semble élaborée presqu'exclusivement aux dépens des mitochondries granuleuses et des bâtonnets courts. Ceux-ci se transforment intégralement en vésicules mitochondriales dont le centre est occupé par le pigment. Les boules de pigment ainsi formées grossissent, épuisent leur écorce mitochondriale, puis s'introduisent dans les vacuoles où elles se fusionnent en grosses masses de formes irrégulières.

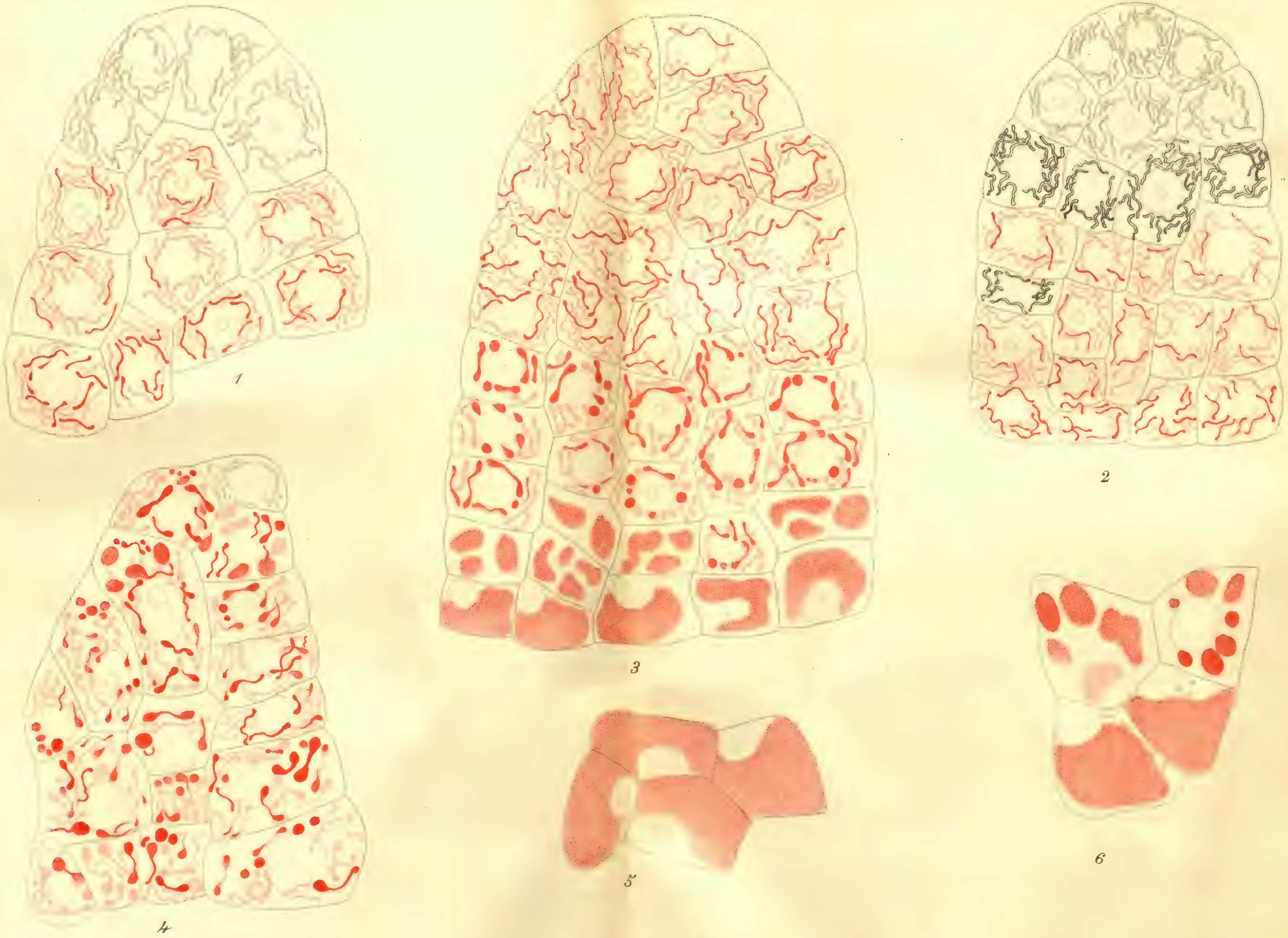
Fig. 41. — Cellules épidermiques de l'axe hypocotylé du Ricin, après quelques jours de germination. Le chondriome est formé comme dans le cas précédent par quelques chondriocontes et surtout par des mitochondries granuleuses. Le pigment est encore en voie de formation dans quelques vésicules mitochondriales, mais il est déjà en grande partie élaboré et se trouve à l'état de dissolution dans deux grosses vacuoles.

Fig. 42. — Cellule épidermique d'un cotylédon de Ricin, au bout de quelques jours de germination, et qui n'a pas encore élaboré de pigment anthocyanique. Le chondriome comprend un grand nombre de chondriocontes.

Fig. 43 à 46. — Cellules épidermiques du cotylédon du Ricin, au moment de l'élaboration du pigment. Le pigment est élaboré au sein des chondriocontes exactement comme dans la feuille de Noyer.

Fig. 47 et 48. — Cellules des assises les plus jeunes du méristème du liège d'un tubercule de Pomme de terre, en voie d'élaborer le pigment anthocyanique au sein de vésicules mitochondriales. Dans la fig. 47, une partie du pigment est déjà localisée dans une vacuole sous forme de grosses sphérules.

Fig. 49. — Cellule parenchymateuse de l'axe hypocotylé du Haricot, au bout de quelques jours de germination. On observe une série de formes intermédiaires entre les chondriocontes courts et le pigment qui apparaît dans le cytoplasme sous forme de bâtonnets. La préparation étant trop différenciée, on ne voit pas l'écorce mitochondriale qui entoure le pigment teint en jaune par le bichromate.



Guilliermond del. Imp. L. Lafontaine, Paris. Boisgontier lith.

Formation de l'anthocyane dans la feuille de Rosier.

Guilliermond del. — Imp. L. Lafontaine, Paris. — Boisgontier lith.

Formation de l'anthocyane dans la feuille de Noyer.

Guilliermond del.

Imp. L. Lafontaine, Paris.

Boisgontier lith.

Formation de l'anthocyane dans la plantule de Ricin et dans le tubercule de Pomme de Terre.

UNE STATION EUROPÉENNE DE PEUPLIERS DU GROUPE DES *TURANGA*

par M. R. HICKEL

Professeur à l'Ecole nationale d'Agriculture de Grignon.

Olivier signalait en 1807, dans le troisième volume de son *Voyage dans l'empire ottoman, l'Égypte et la Perse* (p. 449) un singulier Peuplier qu'il avait découvert sur les bords de l'Euphrate. « Il forme, « disait-il, en quelques endroits, des buissons fort serrés, qu'on « prendrait pour des Saules, si on ne remarquait parmi eux des « arbres qui s'élancent autant que nos Peupliers d'Europe, et qui « prennent, en se développant, des feuilles qui ne ressemblent plus « aux premiers. »

Plus tard, en 1842, Schrenk, dans le *Bulletin de l'Académie des Sciences de St-Pétersbourg,* décrivait deux espèces voisines du *Populus euphratica* d'Olivier, le *P. diversifolia,* de l'Altaï, et le *P. pruinosa,* du bassin de l'Ili dans la Sibérie sud-occidentale.

Enfin, en 1852, le Dr Krémer, pharmacien-major, découvrait, sur les rives de l'Oued-el-Hammam el Guelta, affluent de l'Oued Mouila, non loin de Lalla Marnia, des spécimens qu'il rapportait, provisoirement, au *P. euphratica* (1).

Les Peupliers de ce groupe tout à fait aberrant, pour lequel Bunge a créé la section *Turanga* (2) sont peu connus, leurs rares

(1) Dr I. P. Krémer. Description du *Populus euphratica*, sa découverte sur les frontières du Maroc, et son introduction en France. Metz 1866.

(2) Bunge, Beitr. zur Kenntnis der Flor. Russlands etc. in *Mém. des sav. étr.* St-Pétersb. 1848. T. VII, p. 498.

stations, les difficultés qu'offre leur culture en rendant l'étude très difficile.

Dode, dans ses *Extraits d'une monographie inédite du genre Populus* (1) (1905) les divise en deux groupes : celui des *Pruinosæ* comprenant le *P. pruinosa* de Schrenk, et le *P. glaucicomaus* Dode du Turkestan, caractérisés par des feuilles pubescentes veloutées ; et celui des *Euphraticæ,* à feuilles glabres. Suivant cet auteur, il faut, en outre de deux nouvelles espèces asiatiques *(P. Ariana* et *P. Litivinowiana)* considérer les *Turanga* algériens comme constituant deux espèces distinctes : *P. mauritanica* et *P. Bonnetiana.* Je ne discuterai pas cette manière de voir, car je n'ai pas eu l'occasion de visiter les stations africaines des Peupliers de ce groupe et que je suis convaincu qu'il ne serait possible d'arriver à une certitude sur ce point qu'après comparaison de rameaux *rigoureusement homologues.* Or, cette comparaison est pour ainsi dire impossible avec les rares échantillons d'herbier que l'on posséde.

Ce que je veux seulement signaler, ou plutôt rappeler dans cette Note, c'est la découverte récente d'une station européenne de *Turanga,* de *Populus euphratica,* si on veut lui conserver cette dénomination.

La découverte d'une nouvelle espèce d'arbre en Europe, est d'ailleurs par elle-même un événement assez sensationnel, bien que le fait se soit produit plusieurs fois dans la seconde moitié du XIX[e] siècle *(Pinus Peuce* Gris. 1844, *Picea Omorica* Panc. 1876). Mais ici la singularité de la découverte s'augmente du fait que la station nouvelle est située dans une région très bien connue, très peuplée.

C'est en 1907 que le D[r] Trabut la découvrait en Espagne, auprès d'Elche, localité bien connue par sa palmeraie, et Dode la décrivait peu après sous le nom de *Populus illicitana* (2).

J'ai profité, en 1911, d'un court voyage dans le sud de l'Espagne, pour visiter à mon tour la localité, unique jusqu'à présent, où se trouve cette espèce.

Cette station se trouve à peu de distance d'Elche, sur les bords du canal *(acequia)* qui amène à la palmeraie les eaux du *Pantano del Puente.* On s'y rend facilement, soit en remontant le canal vers

(1) *Bull. de la Soc. d'Hist. naturelle d'Autun,* 1905.

(2) *Bull. de la Soc. dendrologique de France,* du 15 Mai 1908.

le barrage, soit en suivant la route qui traverse la voie ferrée près de la gare, pour contourner ensuite le bâtiment dit *Deposito de Aguas dulces* jusqu'à la rencontre du Canal.

Tous les spécimens, au nombre d'une centaine au moins, se trouvent sur le bord même de l'acequia. Tous sont plus ou moins mutilés, aussi ne dépassent-ils guère 6 à 8 mètres de hauteur, mais un certain nombre atteignent 30 ou 40 centimètres de diamètre. L'écorce est crevassée longitudinalement en lanières étroites. Sur les rameaux elle est lisse, grise, à pruinosité glauque.

L'espèce est non pas polymorphe, mais hétéromorphe (sensu Goebel) au plus haut degré, c'est-à-dire que si la forme des feuilles varie dans des limites extraordinairement étendues, chaque type de forme ne se rencontre néanmoins jamais que sur des pousses de même nature. C'est sur ce point qu'il convient d'entrer dans quelques détails.

Les feuilles des drageons sont étroitement lancéolées, parfois falquées ou en S très allongé, à pétiole très court (fig. 1, A et B), le plus souvent à bord entier, rarement avec quelques dents obtuses.

Sur les drageons plus âgés et sur les branches gourmandes poussées sur le tronc en suite d'élagages, elles s'élargissent de plus en plus tout en conservant une forme lancéolée (fig. 1, D, E), quelques feuilles seulement, à la base, entières ou légèrement dentées, rappelant celles des drageons (fig. 1,C). En même temps (le fait avait déjà été signalé par Krémer pour les formes algériennes) le pétiole s'allonge notablement. Le bord est entier ou plus ou moins ondulé.

Quant aux feuilles de l'arbre adulte normal, elles présentent invariablement les formes suivantes : sur les pousses longues ou *auxiblastes* (pousse terminale et extrémité des branches latérales), on rencontre d'abord à la base 4 ou 5 feuilles de la forme qu'on peut considérer comme définitive, et dont celle figurée en F peut être considérée comme le type. Ces feuilles, très longuement pétiolées, mesurent parfois jusqu'à 8 ou 9 cm. de largeur. Les suivantes s'allongent progressivement, les dents se réduisant à une ou deux, souvent d'un seul côté (fig. 1, I, L), puis disparaissant totalement (fig. 1, H), en même temps que la base devient de plus en plus cunéiforme.

Les ramules très courts, ou *brachyblastes* ne portent que des feuilles dans le genre de F, plus ou moins (fig. 1, J, K) dentées.

Les ramules intermédiaires comme vigueur, enfin, portent à la base quelques feuilles du type F, puis d'un type simplifié tel que K ou L, et enfin tel que G, mais sans dépasser ce degré d'élongation.

Cette gradation avait déjà été sommairement notée par Olivier

Fig. 1. — Différents types de feuilles (1/2 gr. nat.).

qui figurait assez fidèlement (Pl. 45 et 46, loc. cit.) les trois types principaux.

Le Dr Krémer, pour les *Turanga* algériens, avait fait la même constatation, mais, tout en ne voyant là que trois stades différents, il distinguait une forme *genuina* (type adulte), une *f. salicifolia* (drageons) et une forme *diversifolia* (auxiblastes)! Les figures de son Mémoire sont d'ailleurs très peu fidèles.

Feuilles et jeunes rameaux sont glabres et recouverts (les feuilles sur les deux faces), d'une pruinosité glauque. Ceci, et aussi l'aspect général de l'arbre, rappelle beaucoup certains *Eucalyptus*. En

recherchant les Peupliers découverts par le Dr Trabut, j'avais commencé par franchir le barrage et par explorer le lit, alors à sec, du bassin. N'y ayant trouvé aucun Peuplier, j'avais décrit les feuilles aux ouvriers occupés à une réparation au barrage. Ils y reconnurent immédiatement l'*Olmo blanco* (1), mais m'envoyèrent à un moulin voisin dans la cour duquel je ne trouvai que deux Eucalyptus !

Notons encore que l'eau de l'acequia est assez fortement saumâtre. Le Peuplier d'Elche est donc halophile comme toutes les autres espèces du groupe *Turanga*.

D'où viennent ces Peupliers ?

Ils ont échappé aux investigations des membres distingués de la commission chargée de préparer l'excellent ouvrage qu'est la *Flore forestière espagnole* (2), et cependant leur âge permet d'affirmer en toute certitude qu'ils existaient déjà lors du passage de la commission à Elche. D'autre part, le soin consciencieux que cette commission a apporté dans son exploration de l'Espagne au point de vue de la botanique forestière rend très vraisemblable l'hypothèse que la station d'Elche est unique.

Cette station, au reste, n'est peut-être pas très ancienne. Le barrage actuel est, il est vrai, le second élevé sur ce point. Le premier, terminé sous Philippe IV, en 1632, fut reconstruit en 1842, et le tracé de l'acequia, qui existait déjà sous la domination arabe, n'aurait, paraît-il, pas été modifié (3). Malgré cela, plutôt que d'admettre que la présence sur ce point des *olmos blancos* remonte à une haute antiquité, je pencherais beaucoup plus pour l'hypothèse d'une introduction relativement récente. Une graine constituée comme celle d'un Peuplier peut en effet être transportée en moins de vingt-quatre heures, par un oiseau par exemple, du Nord de l'Afrique à Elche, et je ne serais pas surpris, étant donnée la disposition de ces arbres en cordon sur le bord même de l'acequia, que ce ne fussent que des drageons provenant d'un pied unique, et ayant constitué comme un gigantesque rhizôme.

(1) Le nom vernaculaire du Peuplier d'Elche est *olmo blanco*, littéralement *orme blanc*. Mais il faut remarquer que souvent en Espagne le peuple fait confusion entre les mots *olmo* et *álamo* (Peuplier). J'ai même vu employer ce dernier pour désigner les Micocouliers.

(2) *Flora forestal espanola* par D. Max. Laguna et D. P. de Avila. Madrid, 1883-90.

(3) Je dois ces renseignements à Don P. M. Gonzalez Quijano, ingénieur-directeur du Pantano del Guadalcacin, auquel j'adresse ici tous mes remerciments.

Les Peupliers d'Elche me paraissent d'ailleurs bien voisins de ceux d'Algérie : les feuilles sont à la vérité plus développées en général, mais ceci peut tenir seulement à ce qu'ils sont constamment arrosés, tandis que ceux d'Algérie poussent dans le lit d'oueds à débit extrêmement irrégulier.

Je ne prétends pas, au surplus, trancher la question, mais seulement attirer sur cette station curieuse d'un type qui n'était connu en Europe qu'à l'état fossile (*P. mutabilis* Heer), l'attention des botanistes, espérant qu'il s'en trouvera un qui pourra quelque jour étudier sur place les *Turanga* d'Elche plus à loisir que je n'ai pu le faire moi-même et s'assurer notamment de l'existence de pieds mâles.

OBSERVATIONS

SUR LES *ULEX* DE L'OUEST DE LA FRANCE

par M. l'abbé F. HY

Docteur ès sciences.

Au premier rang des végétaux qui caractérisent la Flore atlantique se place le genre *Ulex,* du groupe des Légumineuses monadelphes, aussi remarquable par ses fleurs dorées à calice profondément bilabié que par ses feuilles et ramuscules transformés en épines. Son aire de dispersion s'étend depuis les Iles Britanniques et le Danemark au Nord, jusqu'à la pointe Sud du Portugal, sans s'avancer vers l'Est plus loin que la Suisse et l'Italie. A part quelques formes qui atteignent la côte septentrionale d'Afrique toutes les autres sont européennes, et même pour Linné constituaient une espèce unique, justement nommée par lui *Ulex europæus.*

Les botanistes anglais ont continué jusqu'à nos jours à rapporter, suivant l'exemple de Linné, tous les *Ulex* de la Grande-Bretagne au même type spécifique.

Toutefois, on s'accorde aujourd'hui à en séparer diverses plantes pour la plupart spéciales à la péninsule Ibérique.

Voulant limiter cette étude aux espèces françaises, il suffira d'établir ici d'abord la comparaison du type commun avec la seule des formes méridionales qui franchisse la chaîne des Pyrénées.

Quels sont donc les caractères qui les séparent du véritable *U. europæus* de Linné ?

Si l'on s'en rapporte aux Flores françaises les plus récentes, rien ne serait plus aisé que de distinguer le type méditerranéen de celui

des bords de l'océan : ses phyllodes raméales naîtraient à l'aisselle d'épines alternes, au lieu d'être fasciculées.

Il faut d'abord savoir reconnaître les feuilles des ramuscules dans les Ajoncs, car à l'état adulte les uns et les autres sont assez modifiés dans leur structure pour avoir été confondus maintes fois à cause de leur forme générale subulée avec une pointe aiguë.

Toutefois, les organes de nature foliaire (phyllodes) sont toujours nettement comprimés, au moins à la base, de manière à présenter, malgré la déformation qui résulte de l'atrophie du limbe, une face supérieure et une face inférieure ; ils possèdent, en un mot, cette symétrie bilatérale qui caractérise les appendices végétaux. Mais ce qui empêche surtout qu'on puisse confondre les deux sortes de membres, c'est leur position respective ; comme partout, le rameau naît ici à l'aisselle de la feuille.

Dès lors on ne saisit pas bien la disposition qu'ont voulu indiquer les floristes précités, quand ils parlent de phyllodes à l'aisselle des épines, ce qui est contraire à toutes les règles de la morphologie. En cherchant l'origine de cette description erronée, on la trouve dans ce fait qu'il y a eu de leur part transcription inexacte d'une phrase empruntée au *Prodromus Floræ hispanicæ* de Willkomm et Lange. On lit, en effet, à la page 444, t. III, de cet ouvrage (au 1er alinéa de la table analytique) « *Phyllodia longa, spinæformia, illa ramulorum ex axillâ spinas fasciculatas edentia* ».

Dans sa *Flore complète de France*, M. Gaston Bonnier exprime plus correctement la même idée en disant que les ramuscules d'*Ulex europæus* naissent à l'aisselle de plusieurs épines foliaires fasciculées. Seulement, pour être irréprochable au point de vue du langage morphologique, cette description est encore fautive et ne peut fournir aucune note distinctive, par la raison qu'en réalité le mode de ramification est le même dans tous les Ajoncs.

Nous allons essayer de le décrire aussi clairement que possible, malgré son apparente complication, après avoir fixé le sens de certains termes indispensables. Car l'appareil végétatif, observé aux différentes phases de son développement, s'écarte beaucoup de l'uniformité qu'il présente à l'état adulte.

Considérons d'abord la plantule issue de la germination. Au-dessus des cotylédons obovales-obtus et glabres se superposent en divergence cruciale plusieurs paires de vraies feuilles, avec un

pétiole distinct supportant un limbe entier ou trifoliolé. Leur face supérieure est glabre encore, comme celle des cotylédons, mais on observe déjà quelques poils en dessous. Puis d'autres feuilles entièrement velues leur succèdent en divergence spiralée, en même temps qu'elles sont réduites à une lame de plus en plus étroite, terminée en pointe accuminée. On peut dès lors les qualifier déjà de *phyllodes*, car elles ont en réalité perdu leur limbe, réduites à un pétiole canaliculé, subulé-épineux au sommet. Et c'est en cet état définitif qu'on les retrouve sur toutes les parties adultes, de plus en plus rétrécies jusqu'à ressembler aux ramuscules naissant à leur aisselle. A peine observe-t-on, vers la base de certaines branches, quelques appendices inermes et caduques qui sont de véritables *préfeuilles*.

Les rameaux, de leur côté, subissent pour la plupart des modifications analogues qui leur font donner le nom de *cladodes*. On peut les qualifier également d'épines, au même titre que les rameaux courts du *Prunus spinosa*, à cause de leur sommet promptement arrêté dans son allongement, et terminé en pointe acérée.

Une de ces épines naît toujours à l'aisselle de chacune des phyllodes décrites plus haut, et suit un développement simultané. On peut la désigner sous le nom d'*épine primaire*, pour la distinguer d'une épine *secondaire*, à développement plus tardif, bien qu'issue du même nœud. Cette seconde épine, d'abord à l'état de bourgeon latent, apparaît l'année suivante, intercalée entre l'épine primaire et la phyllode axillante. Ainsi insérée au-dessous de la première, elle représente le cas si fréquent de deux bourgeons superposés à l'aisselle de la même feuille. On chercherait vainement ces épines secondaires sur les pousses terminales, aussi devra-t-on choisir ces branches de l'année, de préférence aux anciennes, pour l'étude de leur ramification encore simple et normale, afin de comprendre mieux ensuite, par comparaison, l'architecture confuse en apparence des parties âgées..

Les épines, ou cladodes, qu'elles soient primaires ou secondaires, se ressemblent en beaucoup de points sous le rapport de la structure, étant les unes et les autres terminées par une pointe nue, très acérée, qu'on peut appeler *dard*. Les phyllodes qu'elles portent en nombre variable sont munies, les inférieures tout au moins, de *spinules* axillaires. Ces spinules de premier degré peuvent se rami-

fier à leur tour, par un processus analogue, en spinules de second degré.

Ce qui distingue les épines secondaires des autres, c'est, outre leur développement tardif et leur insertion, la longueur très inégale qu'elles atteignent. Celles du sommet, douées d'un allongement prolongé, et par suite d'une ramification très riche, formeront les branches de charpente de l'arbrisseau ; aussi convient-il de les désigner sous ce dernier terme, réservant le nom d'épines à celles, en plus grand nombre, qui restent courtes. On trouve d'ailleurs entre elles tous les passages, suivant que leur sommet est plus ou moins vite atrophié, et l'on peut suivre facilement leur diminution progressive depuis le haut jusque vers le bas de la pousse de seconde année où elles finissent même par manquer complètement. Les plus longues sont en même temps les mieux différenciées, étant seules pourvues de préfeuilles basilaires.

Sur ces épines secondaires les appendices sont tous régulièrement alternes, et s'échelonnent très près de la pointe, de manière à ne laisser qu'un dard relativement court. Les épines primaires, au contraire, se reconnaissent à leur dard terminal qui égale et parfois même dépasse la moitié de leur longueur totale : quant à leurs phyllodes, elles présentent une disposition très caractéristique. Les deux premières opposées ou subopposées ont leurs spinules axillaires étalées à droite et à gauche presque horizontalement, la troisième est isolée et verticale, puis les autres se succèdent sans ordre nettement indiqué, sauf la 4^{e} et la 5^{e} souvent rapprochées en paire, comme les premières, mais un peu déjetées vers le bas.

La différence qu'on peut tirer de l'insertion des fleurs est nécessairement corrélative des précédentes : ainsi les épines primaires sont florifèrés sur les pousses de première année, tandis que sur le bois âgé on ne trouve les boutons floraux que portés par les épines ou ramuscules secondaires.

La fleur, chez les Ajoncs, occupe une place constante, qui établit clairement son équivalence morphologique ; c'est une spinule modifiée que, par suite, on trouve toujours solitaire à l'aisselle d'une phyllode du deuxième ou du troisième degré ; très rarement elle occupe la place d'une épine primaire, vers le sommet des tiges. Quelques Flores parlent bien de fleurs fasciculées, voulant sans doute exprimer leur rapprochement en inflorescences sur les spi-

nules voisines d'une même épine, ou sur les épines rapprochées parfois en fausses grappes terminales, mais chaque pédoncule est réellement unique à un même nœud. Tout au plus en trouve-t-on parfois deux, un de chaque côté de l'axe, dans le cas de phyllodes opposées, mais dans ce cas même il serait inexact de les décrire comme géminés.

Si maintenant nous passons à l'étude des phases de végétation chez les *Ulex*, nous observons des phénomènes très singuliers, qui fournissent même, on peut dire, les meilleurs caractères pour la distinction spécifique. Tous les Ajoncs de France observés fin de Mai et dans le courant de Juin se montrent dans des conditions identiques, en voie d'allonger leurs branches nouvelles, qui contrastent avec les anciennes par leur nuance claire et leur flexibilité. Celles de l'année précédente sont défleuries et en train de mûrir leurs fruits. Il faut même se hâter pour les observer en cet état, car peu de semaines après la gousse éclate par légère torsion de ses valves, et les graines sont disséminées avec un petit crépitement caractéristique au moment des premières chaleurs de l'été. A cet égard aucune divergence importante n'est à noter, quoique certains ouvrages descriptifs donnent, à tort, comme indéhiscents les fruits des Ajoncs nains.

Cette période assez courte, de deux mois à peine, est la seule de l'année où l'on ne trouve normalement aucun Ajonc fleuri, contrairement à l'assertion de Le Jolis et des auteurs Anglais, exprimée il est vrai avec une certaine restriction, puisqu'ils disent que la floraison dans ce genre d'arbrisseaux est presque ininterrompue.

Là où le contraste apparaît maintenant très net, c'est dans la durée que nécessite pour chaque espèce la maturation des graines. Car si leur dissémination, nous l'avons vu, est à peu près simultanée, l'apparition des fleurs se fait à des époques toutes différentes. C'est l'Ajonc réduit de l'Ouest qui commence la série : ses premiers boutons apparaissent sur des ramuscules âgés de quelques semaines seulement, que ces ramuscules soient d'ailleurs des épines primaires sur les branches même de l'année, ou des épines secondaires portées par le vieux bois ; leur épanouissement rapide, coïncidant avec les plus fortes chaleurs de l'été, n'a pas manqué de frapper l'attention même du vulgaire. Ceux qui abordent l'Irlande, ou même chez nous Belle-Ile-en-Mer, dans le courant d'août,

sont comme éblouis par l'éclat de toutes les landes dorées. Sur les côtes de Bretagne, où le même phénomène se produit, on distingue très bien la race des « Ajoncs d'automne » annonçant par sa floraison le prochain retour des marins partis au printemps pour la longue campagne de pêche à Terre-Neuve ou en Islande.

Le grand Ajonc est plus lent à suivre le mouvement, puisque dans les années ordinaires il attend l'approche de l'hiver, et ne se montre dans toute sa splendeur qu'au printemps. Tout au plus, quand la saison est humide, la floraison prend une avance de quelques semaines. Certains botanistes l'ont bien remarqué, et Godron publia même un article dans le Bulletin de la Société botanique de France pour établir que l'*Ulex Gallii* n'était autre chose que l'Ajonc commun fleurissant accidentellement en automne. Lloyd, signalant le même fait dans sa Flore de l'Ouest, admet la variété *biferus* de Taslé pour cette forme qui, à vrai dire, est plutôt une modification saisonnière qu'une variété proprement dite. D'ailleurs le nom même de seconde floraison est complètement erroné, puisqu'il s'agit ici d'un épanouissement anticipé de boutons destinés normalement à s'ouvrir quelques mois plus tard.

L'Ajonc de Provence s'accorde absolument avec le précédent sous tous les rapports : la floraison en est régulièrement printanière, quoiqu'il ne soit pas rare d'en voir certains pieds fleurir dès l'automne, sous l'influence de circonstances anormales.

On peut ainsi ranger tous nos Ajoncs en deux catégories très nettes, ceux dont l'apparition des fleurs est précoce, mais suivie d'une maturation lente des fruits, et ceux à la floraison tardive mais suivie de près par le grossissement des gousses et la dissémination des graines.

Ces observations préliminaires nous permettent déjà plusieurs conclusions importantes au point de vue de la systématique. Avant tout il en ressort l'unité spécifique des Ajoncs d'Europe, comme l'admettait Linné. Dans son sens primitif l'*Ulex europæus* comprenait même la plante méditerranéenne ; or il n'y a pas de motif plausible pour l'en exclure, puisque les caractères morphologiques sur lesquels on s'était appuyé pour l'établir n'existent pas en réalité, ainsi que nous l'avons vu plus haut. Comme principale différence il reste celle de ses *petites* fleurs à épanouissement *vernal*, suffisante, sans doute, pour distinguer une race, d'ailleurs bien délimitée

géographiquement, mais de même ordre en définitive que toutes celles qui s'observent dans la région occidentale.

Nous grouperons d'abord ces diverses formes dans un tableau d'ensemble, où leurs divers caractères seront hiérarchiquement disposés, réservant pour la fin les remarques justificatives, en vue d'une plus grande clarté.

ULEX EUROPÆUS L. SP.

I. Fleurs odorantes, dépassant 15 mm. de longueur pourvues à la base de bractéoles plus larges que le pédoncule, couvertes ainsi que les sépales de longs poils partiellement hérissés et ordinairement teintés de roux. Ailes de la corolle arquées, conniventes au sommet et plus longues que la carène. Gousse exserte, large de 6 à 7 mm., à graines réniformes, nettement concaves sous le hile, plus larges que longues.

1. — *U. europœus* Smith et plur. auctor. (*U. grandiflorus* Pourret)

Plante robuste à floraison vernale, mais pouvant commencer dès l'automne et se succédant tout l'hiver dans les régions à climat doux, surtout maritime (forma *prœcox*) ;

var. *maritimus* en buissons nains, mais denses et rigides, sur les coteaux au voisinage immédiat de l'Océan ;

var. *biferus* Taslé, à bractéoles lancéolées et un peu éloignées de la fleur dans la floraison d'automne, et parfois aussi au printemps ;

var. *humilior* Rouy. Plante beaucoup moins robuste à épines courtes et droites, relativement faibles.

II. — Fleurs inodores, ne dépassant jamais 14 mm. de long, à bractéoles étroites, tout au plus de la largeur du pédoncule, sépales à poils courts, pâles et apprimés ; ailes de la corolle ne dépassant pas la carène. Gousse incluse ou à peine saillante, large au plus de 5 mm. ; graines ovoïdes-arrondies, peu comprimées sous le hile, toujours plus longues que larges.

A. — Fleurs paraissant dès l'été ; calice à pubescence courte, mais persistante. Rameaux très velus, avec branches de charpente nombreuses, les inférieures assez courtes, mais toujours bien distinctes de l'épine superposée ; entre-nœuds des épines très courts, avec un long dard terminal.

2. — *U. autumnalis* Thore emend.

a) Carène peu courbée et seulement vers le sommet; fleurs dépassant 11 mm. de longueur.

U. Gallii Planchon. Fleurs atteignant 14 mm. ; gousse saillante. Région sublittorale de la Bretagne et de la Hague.

U. Bastardianus (*U. Gallii* var. *humilis* Planchon). Fleurs orangées en inflorescences denses, atteignant 12 mm. Gousses incluses. Bretagne, Anjou, Vendée.

b) Carène régulièrement courbée, fleurs ne dépassant pas 11 mm.

U. Thorei Lagrèze-Fossat (*U. Lagrezei* Rouy). Fleurs d'un beau jaune, nombreuses et rapprochées en longue inflorescence, à épines non saillantes, mais épaisses relativement à leur longueur.

U. nanus Forster. Sous-arbrisseau faible à épines grêles et peu vulnérantes, quoique assez longues et saillantes, surtout dans la var. *longispinosus*. Fleur d'un jaune citron ; gousses plus courtes que les sépales.

B. — Fleurs petites, atteignant rarement 10 mm. de long, s'épanouisant au printemps ou exceptionnellement avant l'hiver. Calice peu velu et à la fin glabrescent. Branches peu nombreuses, 2 à 5 vers le sommet des rameaux de l'année précédente, les autres au-dessous beaucoup plus courtes, et transformées en épines peu distinctes de l'épine primaire superposée au même nœud. Rameaux à pubescence courte ou nulle ; entre-nœuds des épines plus ou moins allongés, l'inférieur égalant souvent ou même dépassant la phyllode axillante.

3. — *U. parviflorus* Pourret (*U. australis* Cl. *provincialis* Loiseleur).

U. europœus L. Considérée dans son sens large cette espèce comprend des formes si disparates que beaucoup d'auteurs les ont prises pour autant de types distincts, mais qui, soumises à l'analyse se montrent différentes surtout par des caractères quantitatifs, variables en raison du milieu physiologique.

Ce qui frappe surtout, c'est l'inégal développement des diverses parties de la plante ; arbrisseau rigide atteignant et dépassant souvent 2 mètres de hauteur en Bretagne et en Anjou, alors que sous sa variété *humilior*, il garde ses rameaux courts, grêles et flexibles. Or, on constate la dégradation progressive à mesure qu'on s'éloigne de la région atlantique. Boreau signalait déjà cette diffé-

rence dans une note insérée p. 140 de la *Flore du centre*, 3e éd., quand il parle d'une plante de la Limagne, de l'Allier, de la Creuse et de la Haute-Vienne que quelques botanistes avaient prise pour *U. provincialis*. C'est la seule que j'aie reçue du Puy-de-Dôme, de Lezoux, recueillie par M. le docteur Chassagne, et vue aux environs de Besse pendant la dernière session de la Société botanique de France. Le Fr. Héribaud explique cet amoindrissement parce que l'Ajonc dans le Plateau Central croît ordinairement sous les chataîgniers et se fauche périodiquement pour chauffer le four. Mais cette raison n'est pas suffisante, car dans l'Ouest, où il sert aux mêmes usages et vient parfois sous bois, on ne lui trouve jamais une taille aussi réduite. D'ailleurs sur les coteaux de la rive gauche de la Couze-Pavin, où M. le curé Blot me l'a fait recueillir, la plante reste faible, quoiqu'exposée en pleine lumière, et sans être jamais recépée.

La dimension des fleurs, comme dans toutes les espèces suivantes, est sous la dépendance d'un autre facteur, l'humidité, qui se rattache au premier, mais dont un observateur peut constater les effets dans une même station, suivant le cours des variations atmosphériques. Dans les années pluvieuses, les pousses florales sont beaucoup plus allongées, plus florifères, et les fleurs plus grandes de 2 à 3 mm. Aussi les chiffres portés au tableau précédent sont-ils purement approximatifs et doivent s'entendre comme une moyenne.

En résumé, il ne faut tenir aucun compte, pour définir les principales formes d'*Ulex europœus*, de leur taille ni de la dimension absolue de leurs organes.

L'Ajonc à grandes fleurs est celui qui se prête le mieux aux adaptations diverses, aussi occupe-t-il l'aire naturelle la plus vaste, et a-t-il été propagé plus loin encore par la culture. On peut dire qu'il est seul à pouvoir supporter le souffle desséchant du vent marin, réduit alors à la variété *maritimus* sur les coteaux au bord immédiat de l'Océan. C'est ce qu'on peut constater d'une façon particulièrement nette dans la presqu'île de Rhuyz de tous les côtés exposée à l'influence marine ; à Saint-Gildas il est partout, tandis que pour rencontrer une des formes quelconques d'*U. autumnalis* il faut s'éloigner de plusieurs kilomètres, jusque vers Sarzeau.

Dans sa Flore de France, M. Rouy considère l' *U. europœus* d'une

façon un peu plus restreinte, quoiqu'il dise *sensu amplo,* car il l'oppose à l'*U. parviflorus,* lui attribuant, à tort, des caractères morphologiques différents. Or, il est intéressant de rechercher ce qui a pu causer l'erreur de Willkomm et Lange et de tous les botanistes à leur suite. Comment a-t-on pu voir dans une plante aussi répandue que l'Ajonc d'Europe *plusieurs* phyllodes à la base de l'épine primaire ? Tout simplement, à notre avis, par suite de l'extrême raccourcissement du premier entre-nœud de l'épine qui fait paraître ses deux phyllodes basilaires et opposées, insérées tout près de la phyllode principale. De même que dans le genre *Spergula* un examen superficiel pourrait faire prendre pour appartenant à un même et unique verticille les deux feuilles opposées de la tige, et celles presque aussi évoluées qui dépendent des premiers bourgeons nés à leur aisselle.

U. autumnalis. Ce nom emprunté à Thore désigne ici une sous-espèce collective, comprenant toutes les races d'Ajonc à floraison automnale et de dimensions réduites dans leur appareil végétatif comme dans leurs organes reproducteurs. En tête de série et rivalisant de taille avec *U. europœus* l'*U. Gallii* n'a cependant d'affinité réelle qu'avec l'*U. nanus,* dont il se rapproche par transitions progressives. On a remarqué que les deux plantes ne se trouvent pas réunies d'ordinaire dans une même localité. L'*U. Gallii* ne s'éloigne jamais beaucoup du littoral, sans atteindre le bord immédiat de la mer, comme nous l'avons vu pour *U. europœus.* Il prospère dans une zone *sublittorale* assez distante de l'Océan pour n'être pas brûlée par le vent marin, et d'autre part bénéficier des averses venant du large, c'est donc une race hygrophile au plus haut degré.

La variété *humilis* de Planchon, notre *U. Bastardianus,* croît souvent avec le type dans les landes de Bretagne, mais s'écarte aussi beaucoup plus vers l'intérieur. C'est en Anjou que Bastard l'a pour la première fois signalée sous le nom erroné de *provincialis,* avec lequel elle figure dans la *Flore française* de De Candolle. On l'observe encore sur divers points du pays de Retz et du Poitou, confondue avec le vrai *U. nanus.* Ce dernier préfère d'ordinaire les sols légers ou tourbeux ainsi que l'ombre des bois, tandis que l'autre vit en pleine lumière sur les roches les plus dures, telles que le grès armoricain, mais orientées vers l'Ouest de façon à recevoir de fréquentes ondées.

Aucune espèce n'a été plus contestée que l'*U. Gallii* (1). Mais ce qui est plus grave, son auteur même l'avait finalement désavouée. En effet, lorsqu'elle fut distribuée sous le N° 1568 par la Société Dauphinoise, le Bulletin produisit une lettre d'E. Planchon concluant « *U. Gallii, forma hybrida inter U. europœus et nanus* ».

Cependant tous ceux qui ont observé cette plante sur les espaces immenses occupés par elle, sont d'un avis contraire. Le Gall en la décrivant pour la première fois constatait sa parfaite fertilité. Au sujet des échantillons vus par Planchon, et qui avaient motivé sa dernière note, l'abbé Letendre déclare n'avoir jamais rencontré le vrai *U. nanus* aux environs du Grand-Quévilly, la localité d'origine. Pareille observation est présentée par la Grèze-Fossat quand il décrit son *U. Thorei* dans la Flore de Tarn-et-Garonne « l'*U. nanus* ne vient pas dans le rayon de la Flore ». Enfin A. Le Jolis qui avait signalé dans la région de Cherbourg jusqu'à 11 formes intermédiaires entre le grand et le petit Ajonc, n'a jamais soulevé l'idée d'hybridité. Est-ce à dire pourtant que les hybrides n'existent pas parmi les *Ulex* ? Depuis que j'observe avec attention ce genre litigieux, j'ai pu noter au contraire certains pieds isolés et très rares qui semblent avoir incontestablement une origine croisée.

J'en eus la première impression en examinant un curieux échantillon d'herbier recueilli à Marseille par l'abbé Gonnet et étiqueté *parviflorus*. Les fleurs en étaient un peu plus grandes que dans le type de Pourret, et surtout la villosité des sépales toute différente, formée de longs poils ébouriffés, les rameaux très velus. Mais cette constatation, encore isolée, ne pouvait rien faire conclure de positif, surtout dans l'impossibilité d'étudier le sujet sur place. Seuls les botanistes de la région provençale seraient en mesure de contrôler l'existence des hybrides formés aux dépens de l'*U. parviflorus*.

M. Rouy dans sa Flore de France signale un *U. Baicheri*, qui m'est inconnu. La description ne dit rien du revêtement pileux du calice. Si les sépales possèdent les mêmes poils roussâtres attribués aux fruits, il y aurait grande analogie entre cette plante et celle de

(1) Nous avons vu plus haut que Godron, confondant un phénomène régulier avec quelques faits accidentels, avait émis l'opinion, insoutenable aujourd'hui, d'après laquelle cette plante devrait être identifiée avec les variétés bifères de l'*europœus*. (*Bull. Soc. botanique de France*, t. 26, p. 303).

Marseille, dont je viens de parler. Alors l'*U. Baicheri* pourrait être un hybride des *parviflorus* et *europœus.*

S'il en est autrement, l'hybride marseillais mérite un nom spécial, et je proposerais celui de × *U. Gonneti* pour rappeler le souvenir de l'auteur de la découverte, à qui l'on doit encore une Flore élémentaire de la France, peu connue aujourd'hui, malgré son mérite, sans doute parce que le système de Linné suivi dans l'ouvrage était déjà suranné lors de sa publication.

Dans l'Ouest de la France, les hybrides d'*Ulex* ne peuvent se former qu'entre l'*europœus* grandiflore et l'une des formes d'*autumnalis.* Ils sont dès lors d'une constatation plus facile, frappé qu'on est immédiatement par l'époque insolite de leur floraison.

Le premier en date fut observé le 13 Octobre 1900 dans les anciennes landes de Vion (Sarthe) à gauche de la route de Solesme à la Chapelle-du-Chêne. C'était un buisson d'une remarquable beauté, encadré par des touffes géantes et également fleuries d'*Erica vagans ;* tout autour plusieurs pieds d'*Ulex europœus* n'avaient pas un bouton d'épanoui. D'ailleurs, il contrastait avec les *U. nanus* voisins par les grandes proportions de toutes ses parties ; enfin ses fleurs plus petites l'éloignaient de la variété *biferus* du premier, bien qu'il possédât comme elle des bractéoles lancéolées, distantes du calice.

A cause de l'éloignement de la localité, que je n'ai pas eu l'occasion de revoir depuis, il me fut malheureusement impossible de constater l'amoindrissement dans la fertilité de ses graines. On pouvait la présumer du moins d'après l'état d'imperfection des étamines et du pollen. Aussi n'hésitai-je pas à la désigner comme hybride dans les envois faits dès cette époque à divers correspondants. Le nom d'*Ulex Flahaulti,* que je lui donnai en herbier, a été justifié suffisamment par les faits observés depuis, pour que la publication puisse en être faite sans témérité. Mon ami M. Flahault me permettra de lui dédier cet arbrisseau, qui au moment de l'anthèse est un des plus brillants spécimens de la végétation de nos bois indigènes, objet de sa sollicitude et de ses recherches approfondies.

Mais c'est surtout le dernier hybride dont il me reste à parler qui a contribué à éclairer pour moi ce sujet, et m'a engagé à écrire cette note, situé qu'il est tout près d'Angers où j'ai pu le suivre à

ses différents états depuis plusieurs années. Aucune localité n'est plus favorable à l'étude des *Ulex* que celle où il croît, sur les coteaux pittoresques de la rive droite de l'étang Saint-Nicolas, tout dorés pendant dix mois consécutifs par la floraison échelonnée des principales formes occidentales. Le pied unique en question montre ses fleurs en Septembre avec une pubescence rase des sépales comme l'*U. Bastardianus* qui est plus précoce de deux mois et abondant tout à l'entour. Par ailleurs, sa taille et la grandeur des corolles le rapprochent de l'*europæus*, dont il a les bractéoles ovales, un peu plus larges que le pédoncule.

Mais ce qui la désigne surtout comme hybride, c'est la rareté des graines, dont la moyenne comptée sur 50 fruits ne dépasse pas 1 par gousse, étant de 2 à 3 chez le *Bastardianus* et 5 à 6 dans l'*europæus* typique. Enfin, ayant réuni 50 graines en apparence bien conformées je les ai mises à germer sitôt leur maturité dans les meilleures conditions possible, en un milieu dont la température s'élevait le jour à 25° sans s'abaisser au-dessous de 15° pendant la nuit. Bientôt chez 9 d'entre elles on vit sortir la radicule et les cotylédons, puis l'embryon continua son évolution normale, quoique visiblement plus faible que celle des graines cultivées comme témoins. Quant aux 41 autres, les téguments s'étaient gonflés comme dans les précédentes, mais elles ne tardèrent pas à être envahies par les moisissures ; elles étaient vides.

On remarquera la proportion relativement forte des graines stériles chez un individu qui n'est sans doute qu'un simple métis, alors que certains hybrides d'espèces présentent assez souvent une fertilité à peu près égale.

L'un des parents est incontestablement l'*U. europæus* à grandes fleurs ; l'autre ne peut être que l'une des deux formes d'*autumnalis* croissant au voisinage, plus probablement le *Bastardianus*.

Je prie M. Gaston Bonnier d'en accepter la dédicace en hommage de la reconnaissance que lui doivent tous les botanistes français pour avoir remis en honneur à la Sorbonne la science descriptive.

Enfin, voici pour finir la brève diagnose des deux hybrides bien authentiques dont il est fait mention dans cette note, réservant pour plus tard l'*U. Gonneti* dont la nature ne me paraît pas douteuse, mais dont l'observation n'a porté jusqu'ici que sur quelques débris desséchés.

× *U. Bonnieri (europœus × autumnalis)* frutex elatus, 2-3 pedalis, statura æmulans *U. europœum*, sed gracilior et parce ramosus; flores magni, sepalis parce et adpresse villosis. Vix fertilis, floret autumno.

× *U. Flahaulti (europœus × nanus)* frutex dumosus, semiorgyalis, multiflorus ; flores majusculi, bracteolis lanceolatis, calyce hirsuto. Floret autumno.

STRUCTURE ANATOMIQUE DE RACINES HYPERTENDUES

par M. Paul JACCARD

Professeur à l'École Polytechnique de Zürich.

L'influence exercée par la traction sur la structure anatomique des organes végétaux compte parmi les phénomènes physiologiques les moins bien connus. Les résultats des recherches et des expériences entreprises à ce sujet sont le plus souvent contradictoires.

Tandis que Hegler (1) observe un épaississement des parois des fibres ligneuses et la formation d'éléments mécaniques supplémentaires chez des tiges soumises artificiellement à une traction croissante et contiuue, Ball (2), en répétant les expériences de Hegler ne constate aucune réaction semblable.

Wildt (3) en opérant avec des racines, remarque que, sous l'influence d'une traction artificielle, la structure de ces organes éprouve des modifications notables, en particulier un renforcement des éléments mécaniques à l'intérieur du cylindre central.

Hibbard (4) observe également une légère augmentation du tissu mécanique dans les racines soumises à une traction artificielle,

(1) Hegler : Ueber der Einfluss. d. mechan. Zugs u. s. w. *(Cohn's Beiträge* 1893, Bd. 6.*)*

(2) Ball : Der Einfluss von Zug auf die Ausbildung von Festigkeitsgewebe. *Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. 39. 1904.)

(3) Wildt : Ueber die experimentelle Erzeugung von Festigungselementen in Wurzeln. *(Inaug.-Dissert. Bonn.* 1906*)*.

(4) Hibbard : The influence of tension on the formation of mechanical tissue in plants. *(Bot. Gar.* Vol. 43.)

tandis qu'une semblable réaction ne se manifeste qu'exceptionnellement chez les tiges.

Vöchting (1) qui s'est tout particulièrement occupé de cette question arrive à des résultats négatifs en opérant avec des tiges tendues artificiellement, tandis qu'il constate que les tractions « naturelles », c'est-à-dire celles qui résultent du propre poids d'un organe en voie de croissance, déterminent le renforcement ou la formation nouvelle d'éléments mécaniques. Un pédondule de Courge dont le fruit repose sur le sol ou sur tout autre appui, comme c'est le cas habituel, possède un tissu mécanique relativement peu développé; il en est tout autrement si le pédoncule, à lui seul, supporte le poids complet du fruit pendant toute la durée de sa croissance. Dans ce dernier cas, tous les éléments mécaniques se trouvent renforcés, les parois des fibres ligneuses et celles des fibres libériennes sont plus épaisses, le nombre de ces éléments est plus considérable et des cellules fortement lignifiées apparaissent à la périphérie des faisceaux fibro-vasculaires.

Il semble donc que la réaction mécanique due à la traction produite par le propre poids d'un organe en voie de croissance soit différente de celle que provoque une surcharge artificielle de même poids. Discutant le résultat de ses expériences, Vöchting (2) oppose l'effet résultant soit d'une charge, soit d'une traction *extérieure à la plante* (fremdes Gewicht) à celui attribuable au poids propre du végétal ou de l'un de ses organes, et conclut que, dans ce dernier cas, le développement du tissu mécanique est dû à des phénomènes de corrélation en rapport avec la nutrition.

Je suis pour ma part tout à fait de cet avis, non pas que j'admette qu'au point de vue *strictement mécanique* le poids d'un organe agisse autrement que n'importe quelle surcharge extérieure de masse équivalente, mais parce qu'*au point de vue physiologique* les conditions dans lesquelles se trouvent les organes « naturellement » surchargés vis-à-vis de ceux qui le sont « artificiellement » sont essentiellement différentes. Dans le premier cas, la circulation des substances élaborées, ainsi que celle de l'eau et de la sève brute augmentent avec la croissance de l'organe, dans le second cas

(1) Vöchting : Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und. Pathologie des Pflanzenkorpers. *Tübingen*, 1908.

(2) Loc. cit. p. 290.

l'action mécanique est sans connexion directe avec les conditions d'alimentation et de nutrition de l'organe.

Dans une publication récente (1) j'arrive à cette conclusion que par leur accroissement en épaisseur, le tronc des arbres acquiert, à partir d'un certain âge surtout, une solidité bien supérieure à celle strictement nécessaire pour résister à la pression du vent.

Si, d'une façon générale, la formation d'éléments mécaniques est nécessaire pour assurer à la plante sa stabilité, de nombreux exemples nous montrent que la formation de tissus fortement lignifiés peut parfaitement prendre naissance en dehors de toute excitation mécanique (2). Rappelons seulement l'influence exercée par la sécheresse sur la lignification. Chez nombre de plantes, le développement intensif et l'augmentation de poids provoqués par un arrosage abondant marchent de pair avec un ralentissement de la lignification ; dans un climat sec c'est l'inverse qu'on observe, la réduction de la taille s'accompagne d'un renforcement du tissu ligneux, dont la formation ne saurait être envisagée comme une réaction mécanique.

Rien ne montre mieux combien les réactions mécaniques — et par ce terme nous entendons la formation d'éléments ligneux, déterminée par des excitations mécaniques — sont subordonnées aux conditions de nutrition, que la marche de la lignification dans les branches chargées de fruits. Comme je l'ai observé dernièrement (3) chez des cimes d'Épicéas rompues par le vent grâce à l'abondante production des cônes en 1912, la dernière couche ligneuse présentait par rapport à celle de l'année précédente (année non-fruitière) une réduction très appréciable de l'épaisseur de la couche annuelle, du nombre des trachéides et surtout de la proportion du bois d'automne.

Cette réduction du tissu mécanique, particulièrement vers le sommet de la tige et dans les rameaux latéraux porteurs de cônes, c'est-à-dire dans les organes le plus directement intéressés, semble-t-il, à être renforcés dans la mesure où ils sont surchargés, mérite

(1) P. Jaccard : Eine neue Auffassung über die Ursachen des Dickenwachstums. (*Naturw. Zeitschrit. für Forst- und Landwirtschaft.* 1913. p. 241-279).

(2) Voir à ce propos mes observations concernant la structure anatomique des rameaux et des racines du Pin de tourbière, dans « Ueber abnorme Rotholzbildung. » (*Berichte. d. deutsch. Botan. Gesell.* 1912. p. 670 à 678).

(3) P. Jaccard : Ruptures de cimes d'Epicéas provoquées par la surcharge des cônes. (*Journal forestier Suisse.* Berne, août 1913).

d'être relevée. Portant davantage encore sur la formation du bois d'automne à parois épaisses que sur les éléments conducteurs moins lignifiés, elle nous montre combien les exigences mécaniques du végétal sont subordonnées aux besoins de la nutrition. La maturation des graines et des fruits nécessitant une partie des substances élaborées qui, habituellement, servent à la croissance des branches et du tronc, le développement en épaisseur de ces organes s'en trouve amoindri.

Comme j'ai pu l'observer chez l'Épicéa, la formation des fruits diminue non seulement la production ligneuse des branches mais encore la *sécrétion de la résine* qui s'arrête parfois complètement.

La diminution d'accroissement en épaisseur qui se manifeste dans les années de forte production fruitière a été signalée déjà par R. Hartig (1) chez le Hêtre, dont les couches annuelles peuvent être réduites de moitié par une abondante fructification.

On peut se demander pourquoi les pédoncules des Courges se lignifient davantage lorsqu'ils ont à supporter le poids du fruit tandis que les branches fruitières des Épicéas subissent une réduction de leur tissu mécanique.

Cette inégalité de réaction, incompréhensible au point de vue mécanique, s'explique fort bien si l'on songe que les pédoncules font partie d'organes exclusivement *consommateurs*, vers lesquels affluent les substances nutritives, tandis que les branches fruitières sont des organes à la fois de *production* et de *consommation*. Les substances qu'elles élaborent sont attirées dans deux directions opposées : tout d'abord par les fruits, puis, par les cellules du cambium, siège de l'accroissement en épaisseur, enfin par le parenchyme ligneux où s'accumulent les réserves. Elles doivent donc, au point de vue nutritif, satisfaire à deux et même à trois fins, et cela suffit à expliquer la différence de réaction mécanique signalée plus haut.

De ce qui précède nous pouvons conclure qu'il n'existe le plus souvent aucun parallélisme rigoureux entre le développement de la lignification et les exigences mécaniques habituelles auxquelles les plantes ont à satisfaire. D'une façon générale, les tiges des plantes

(1) R. Hartig : Ueber den Einfluss der Samenproduktion auf Zuwachsgrösse und Reservstoffvorrath. der Bäume. (*Allg. Forst- und Jagdzeitung*. Jahrg 1889. Bd. 45).

ligneuses, celles des espèces vivaces surtout, acquièrent rapidement, par suite de leur lignification une solidité supérieure (1) à celle strictement nécessaire pour soutenir leur propre poids et même pour résister aux actions mécaniques passagères.

A cet égard, la flexibilité, grâce à laquelle soit les branches soit les tiges des plantes se soustraient partiellement à l'action du vent ou à la surcharge de leurs fruits, paraît plus efficace encore que leur *solidité* proprement dite.

Ne voyons-nous pas des branches chargées de fruits, ou couvertes d'une épaisse couche de neige gelée, pendre presque verticalement, puis se redresser et reprendre sans dommage leur position naturelle lorsqu'elles sont débarrassées de leur surcharge.

On comprend qu'il soit difficile de soumettre sans les endommager des organes végétaux en voie de croissance à des efforts de traction supérieurs à la résistance qu'ils possèdent déjà. Car, ou bien la surcharge produite expérimentalement ne dépasse pas le « seuil d'excitation », soit la résistance propre des éléments déjà lignifiés, et alors elle reste sans effet, ou bien, elle lui est supérieure mais alors entrave le plus souvent la croissance sans réussir à provoquer la réaction escomptée.

C'est à ces deux écueils que se sont heurtés la plupart des expérimentateurs, entre autres Keller (2), Wiedersheim (3) Vöchting, et moi-même d'ailleurs. C'est pendant que je réfléchissais à la manière de les éviter que M. H. Badoux, inspecteur forestier à Montreux, attira mon attention sur l'état de tension dans lequel se trouvent assez fréquemment certaines racines de Sapins situées au-dessus du sol et qui entourent la base du tronc dont elles sortent. Il n'est pas rare en effet que, par suite de l'accroissement en épaisseur du tronc ou des racines maîtresses qui s'en détachent, de petites racines secondaires profondément enfoncées en terre par leur

(1) Comment, par exemple, expliquer mécaniquement que certaines lianes possèdent un bois capable de résister à l'état sec à une compression parallèle à l'axe de 1.000 kg par cm², ainsi que j'ai pu le mesurer sur deux lianes du Paraguay, alors que la résistance du bois de nos feuillus, Hêtre et Chêne par exemple, ne dépasse guère 5 à 600 kgr par cm². ?

(2) Keller : Ueber den Einfluss von Belastung und Lage auf die Ausbildung des Gewebes in Fruchstielen. *(Inaug. Dissert.* Kiel 1904).

(3) Wiedersheim : Ueber den Einfluss der Belastung auf die Ausbildung von Holz-und Bastkorpern bei Trauerbäumen. *(Jahrb. für wiss. Botanik.* Bd. 38).

sommet se trouvent soulevées d'une façon continue et progressive sans que l'état de tension qui en résulte réussisse à les arracher du sol (fig. 1).

En coupant transversalement de telles racines, on voit les deux tronçons s'écarter brusquement de plusieurs millimètres, mettant ainsi en évidence l'état de tension longitudinale dans lequel elles se trouvaient (1).

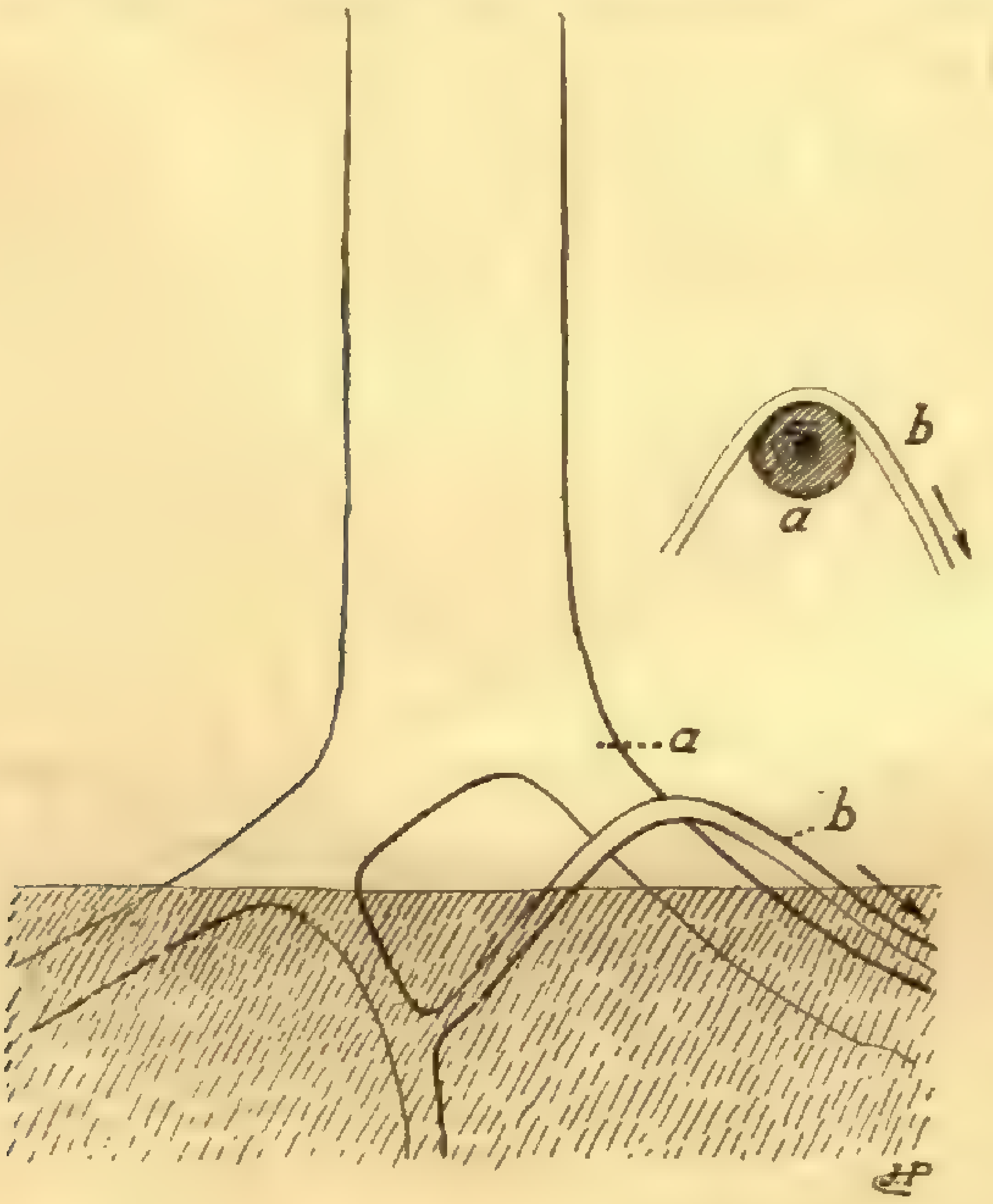


Fig. 1. — *b*. racine tendue par suite de la croissance en épaisseur de *a*.

Voilà donc des racines qui, comme toutes les autres, relient le tronc au sol dans lequel elles se ramifient en puisant de l'eau et des substances minérales, qui s'accroissent et emmagasinent des réserves, mais qui effectuent toutes ces fonctions en quelque sorte « sous pression » ou plus exactement « sous traction », c'est-à-dire *dans un état ininterrompu de tension* ayant son siège dans l'organe lui-même, mais sans que cette tension soit provoquée, comme c'est le cas pour le côté supérieur des branches horizontales, par le poids propre de l'organe, et sans que la racine ainsi tendue soit, comme le sont les pédoncules des gros fruits, le siège d'un courant nutritif particulièrement intensif.

Ces conditions-là diffèrent en somme sensiblement de celles qui jusqu'ici ont été envisagées, aussi l'étude des modifications qu'elles entraînent dans la structure anatomique des racines hypertendues présente-t-elle un réel intérêt.

Au cours de promenades en forêt dans les environs de Zürich, j'ai pu me procurer un nombre assez considérable de racines tendues provenant de diverses essences, tant feuillées que résineuses, entre

(1) Il ne m'a pas encore été possible jusqu'ici de déterminer la valeur de cette tension en kg. par cm^2. Il est nécessaire pour une semblable détermination de disposer de fragments de racine droites, assez longues et sans nœuds, ce que je n'ai pas encore pu rencontrer.

autres : *Picea*, *Abies*, *Pinus*, parmi les Conifères et *Fagus*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Ulmus* et *Tilia* parmi les arbres à feuillage caduc.

Dans ce travail, je ne m'occuperai que de ces derniers genres, chez lesquels l'influence exercée par la traction sur la structure anatomique est beaucoup plus sensible que chez les racines des Conifères.

Afin de m'assurer que les particularités anatomiques observées sont bien déterminées par l'état de tension des racines, qu'elles ne sont pas le fait de variations individuelles ou de conditions stationnelles, j'ai pris soin de ne comparer *que des racines provenant du même arbre*, semblablement situées par rapport au tronc et ayant à peu près la même épaisseur.

Caractères anatomiques

1° *Fagus silvatica*. Observations faites sur les racines plus ou moins fortement tendues provenant de huit individus différents.

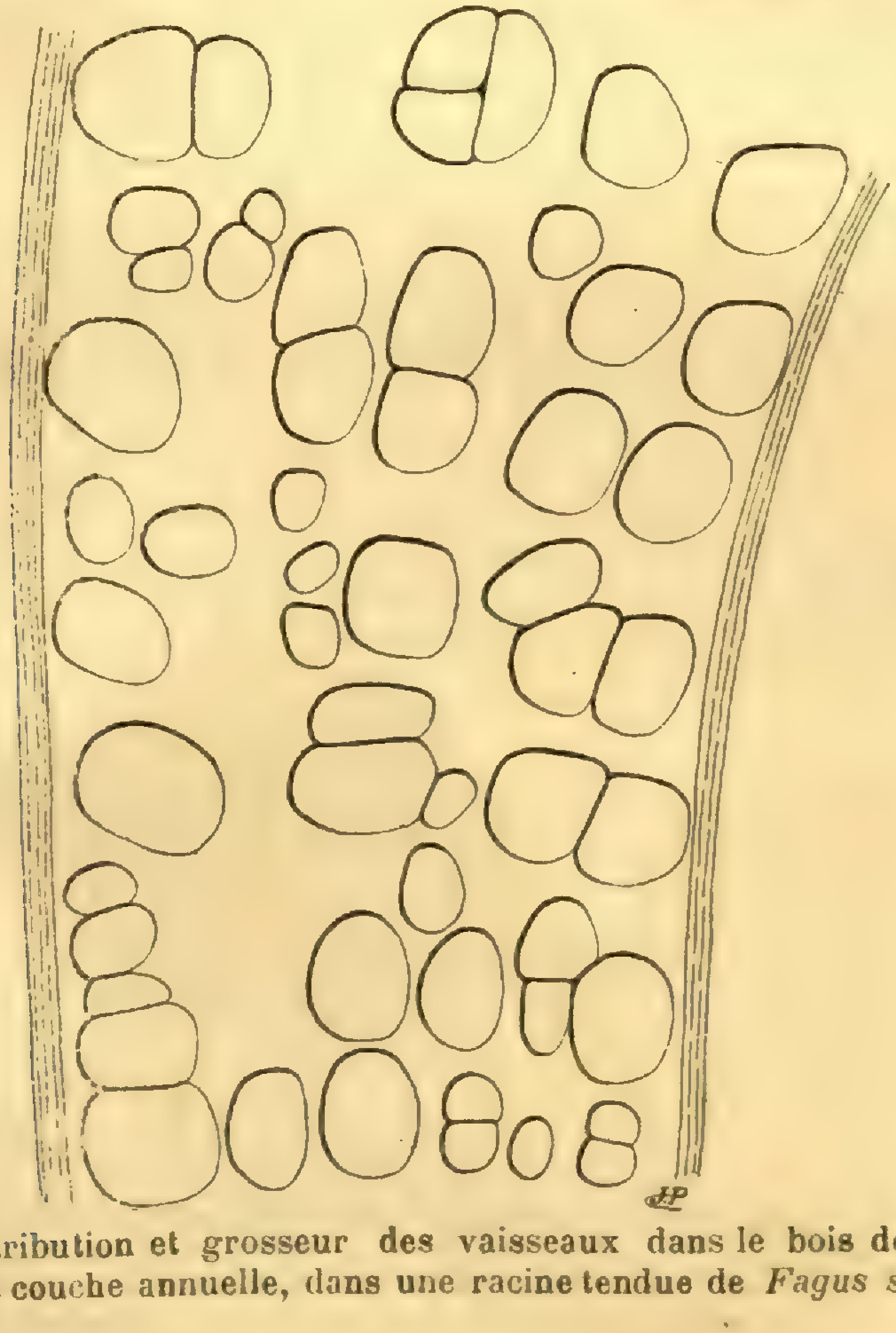


Fig. 2. — Distribution et grosseur des vaisseaux dans le bois de printemps de la dernière couche annuelle, dans une racine tendue de *Fagus silvatica*, Cam. luc. obj. 3.

Au premier coup d'œil, la section transversale des racines tendues frappe par la grosseur et l'abondance des vaisseaux (fig. 2 et 3) ainsi que par la réduction des éléments mécaniques ; il en résulte une diminution de dureté du bois très sensible et facile à percevoir au rasoir lors de la préparation des coupes.

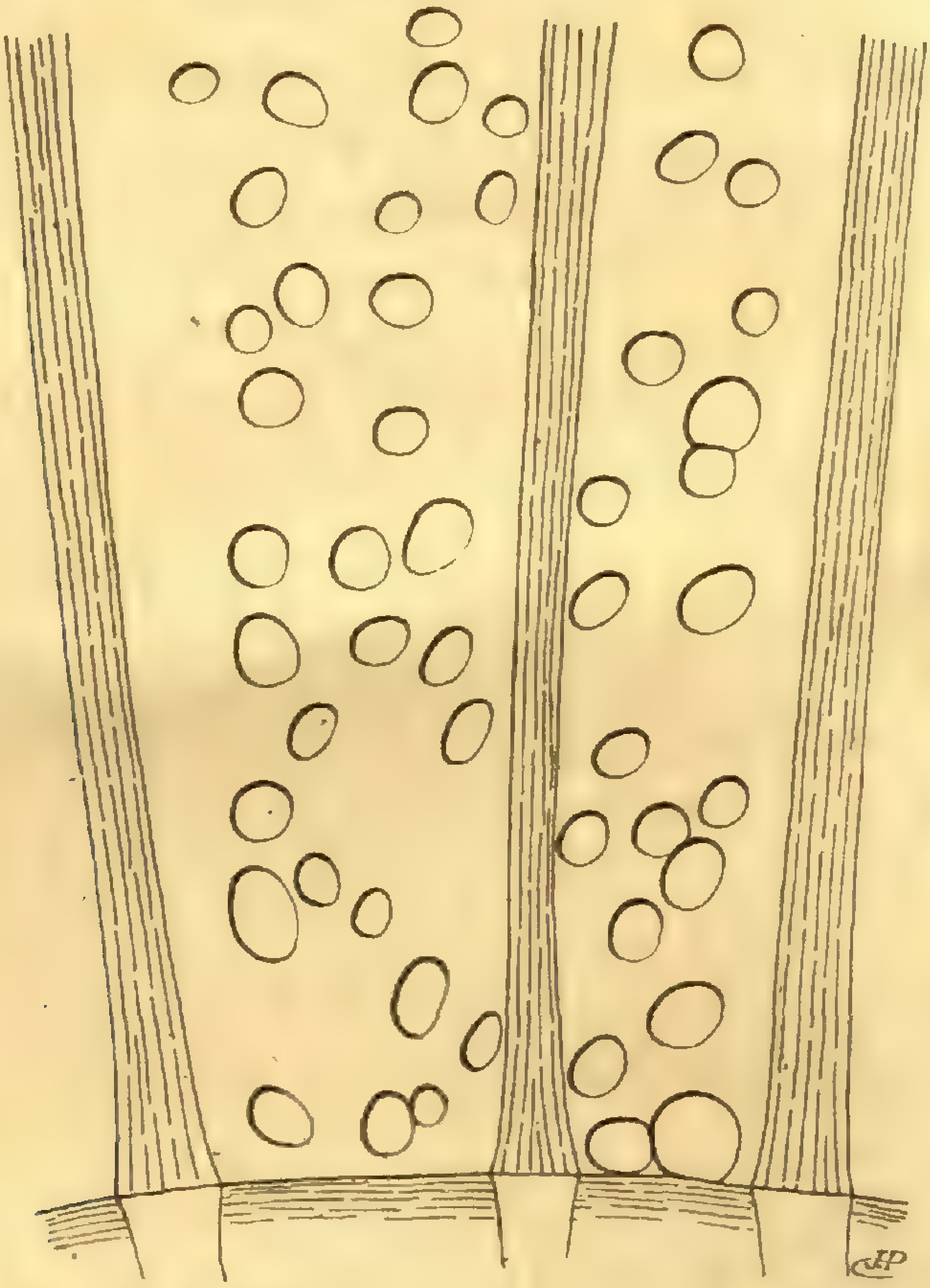


Fig. 3. — Distribution et grosseur des vaisseaux dans le bois de printemps de la dernière couche annuelle, dans une racine non tendue de *Fagus Silvatica*. Cam. luc. obj. 3.

Le plus souvent, les fibres ligneuses sont à parois minces, et, dans leur lumen largement ouvert, persistent des restes de leur contenu plasmatique.

La réduction des fibres s'effectue parfois au profit du parenchyme ligneux qui prend alors un développement inusité. Il n'est pas rare que l'augmentation de ce tissu dont les cellules sont bourrées d'amidon (fig. 4 et 5) soit accompagnée d'une diminution des rayons médullaires. La réduction des rayons médullaires, de même que le développement exceptionnel du parenchyme ligneux ne s'observent cependant pas chez toutes les racines tendues ; par contre, *la réduc-*

tion de la lignification, en particulier celle des fibres ligneuses, ainsi que l'accroissement du nombre et de la grosseur des vaisseaux apparaît d'une manière frappante *chez toutes les racines tendues de Hêtre que j'ai examinées.* Habituellement, de nombreuses trachéides s'ajoutent

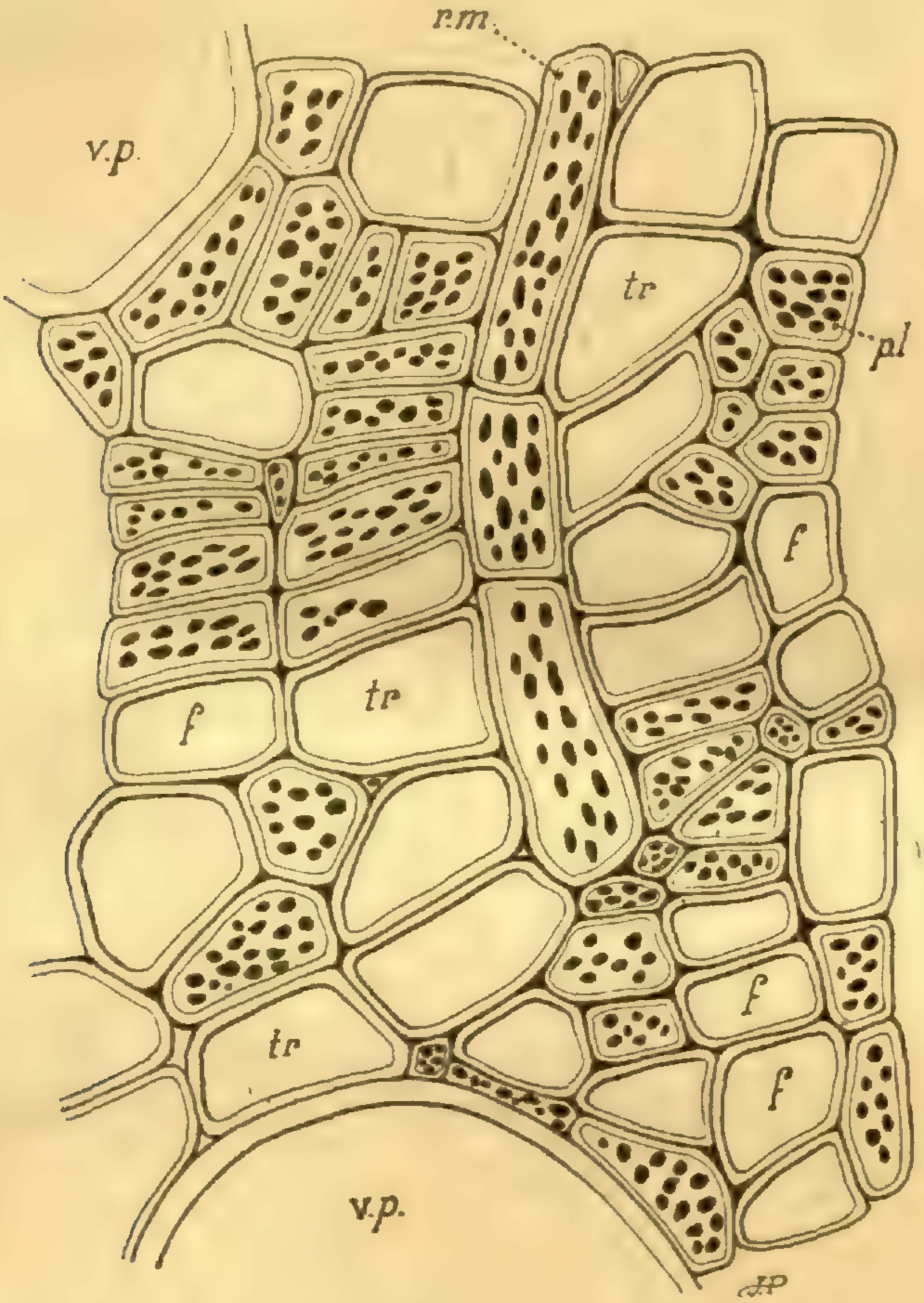


Fig. 4. — Portion grossie du bois de printemps de la dernière couche annuelle, dans une racine fortement tendue de *Fagus silvatica*. *v. p.* vaisseaux ponctués; *tr.* trachéides; *f.* fibres ligneuses; *p. l.* parenchyme ligneux; *r. m.* rayons médullaires. Camera luc. obj. 8.

aux gros vaisseaux et augmentent encore la capacité du tissu conducteur.

L'examen de coupes longitudinales, spécialement celles effectuées sur des racines fraîches fait ressortir nettement la persistance *générale de l'état vivant chez les fibres* des racines tendues, et c'est là sans doute la cause de leur faible lignification.

2° *Ulmus campestris:* Examen de racines hypertendues provenant de trois individus différents croissant dans la forêt du Zürichberg.

Comme chez *Fagus*, les racines tendues d'*Ulmus* frappent par le

grand développement de leur système vasculaire et par la réduction de leurs fibres.

Tandis qu'en coupe transversale, les racines non tendues présentent entre les vaisseaux des plages nettement différenciées de

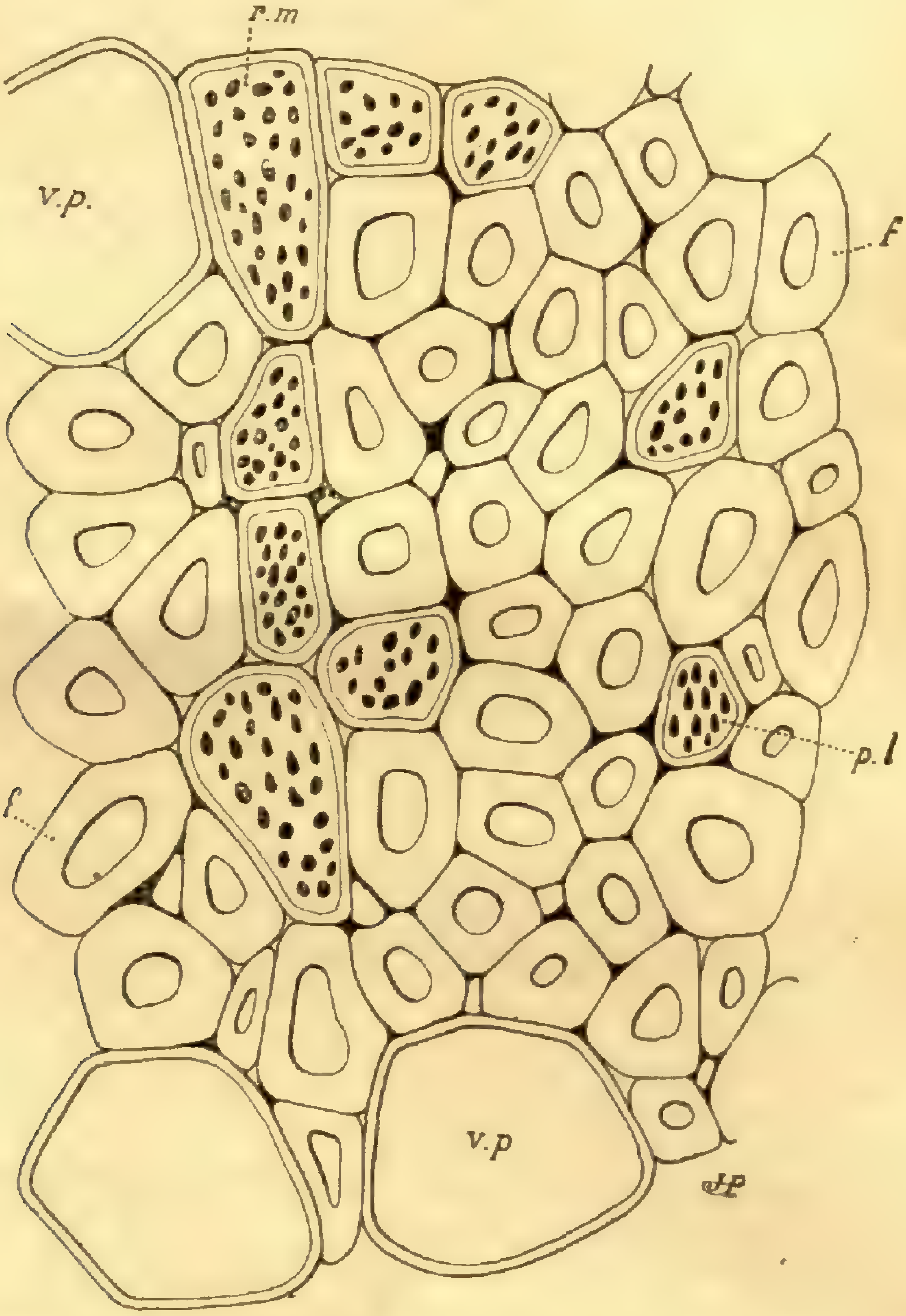


Fig. 5. — Portion grossie du bois de printemps de la dernière couche annuelle, dans une racine non tendue de *Fagus silvatica*, *v. p.* vaisseaux ponctués; *tr.* trachéides; *f.* fibres ligneuses; *p. l.* parenchyme ligneux; *r. m.* rayons médullaires. Camera luc. obj. 8.

fibres à parois épaisses et relativement peu de trachéides, les portions correspondantes des racines tendues provenant du même individu ne présentent entre leurs nombreux vaisseaux que de petits faisceaux fibreux, très réduits, entourés de larges cellules de parenchyme ligneux et de grosses trachéides. Dans un cas, j'ai même observé la disparition complète de l'épaississement des parois des

fibres; ces derniers éléments ressemblent alors en coupe transversale tout à fait au parenchyme ligneux.

3° *Fraxinus excelsior*. Racines hypertendues provenant de 6 individus différents.

De même que chez le Hêtre et l'Ormeau, les racines tendues de

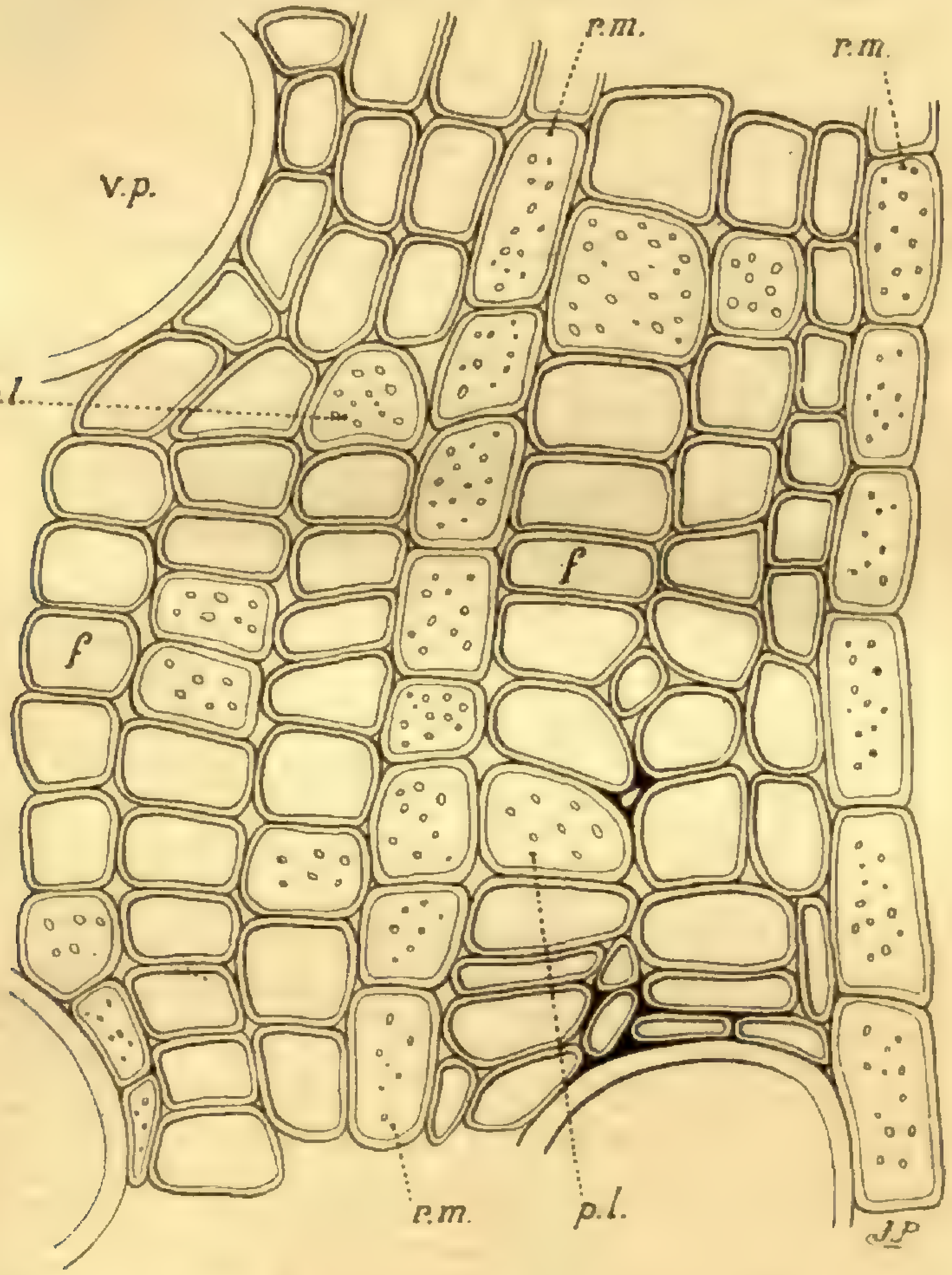


Fig. 6. — Portion du bois de printemps de la dernière année, dans une racine fortement tendue de *Fraxinus excelsior*. Cam. luc. obj. 8. Les lettres ont la même signification que dans les figures 4 et 5.

Frêne se distinguent au premier coup d'œil des racines normales, tout d'abord par le grand développement des vaisseaux et par une lignification notablement plus faible des fibres, mais le plus souvent aussi, par le plus grand diamètre de tous leurs éléments et par leur groupement plus régulier, comme cela ressort des figures 6 et 7.

La persistance de l'état vivant chez les fibres est également très marquée.

4° *Autres espèces de feuillus*. Il ne m'a pas encore été possible

jusqu'ici de récolter chez d'autres espèces feuillées un matériel suffisant ; cependant, les quelques racines tendues de *Tilia*, de *Quercus* et de *Betula* que j'ai examinées jusqu'à présent, montrent également un système vasculaire extrêmement développé.

Effet de la compression latérale chez les racines tendues.

Ainsi que cela ressort de la fig. 1, les racines tendues par suite de l'accroissement en épaisseur soit du tronc soit d'une racine maî-

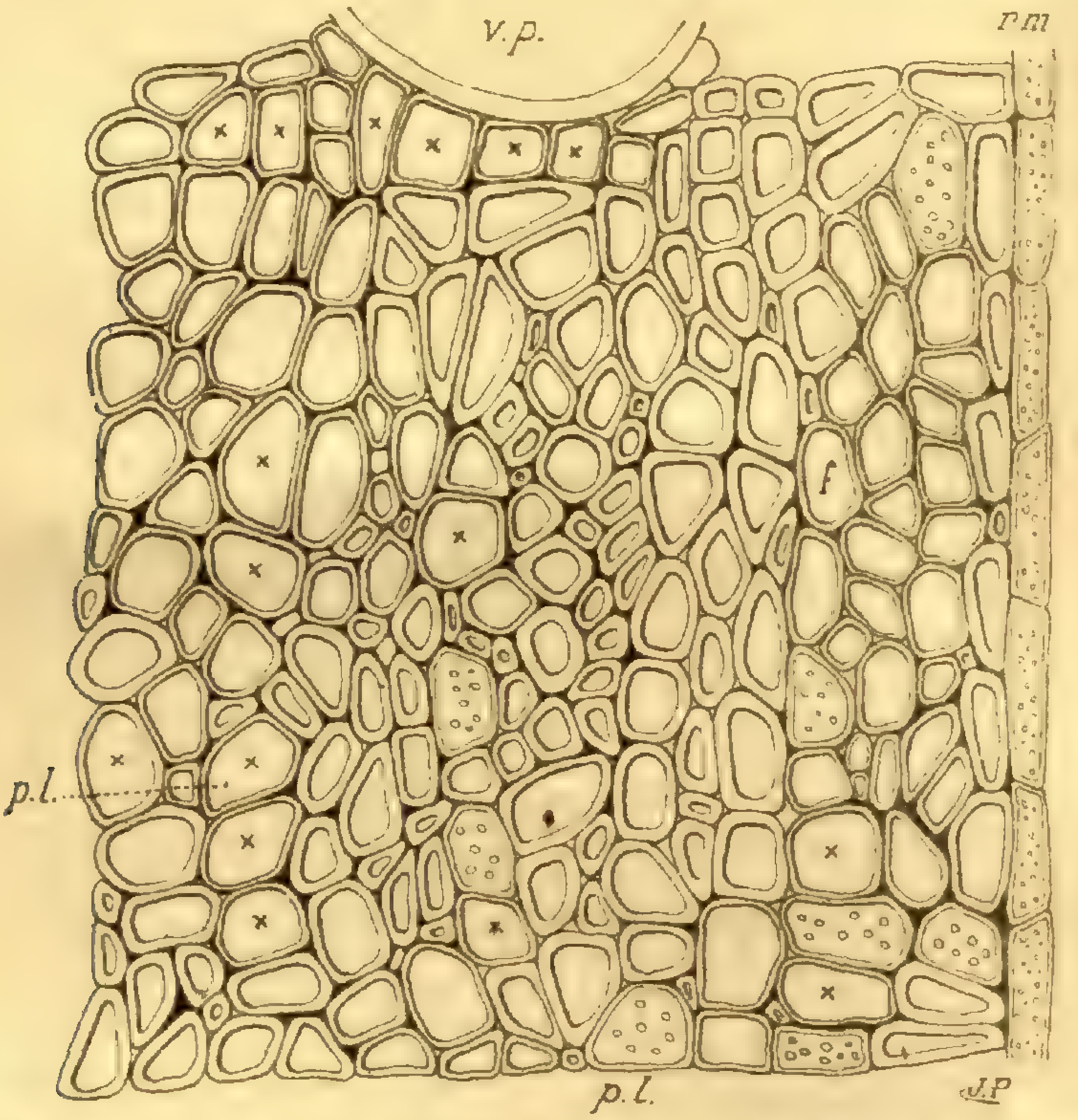


Fig. 7. — Portion du bois de printemps de la dernière année, dans une racine non tendue de *Fraxinus excelsior*. Cam. luc. obj. 8. Les lettres ont la même signification que dans les figures 4 et 5.

tresse, sont soumises à une compression locale qui s'exerce perpendiculairement à la direction de traction des fibres ou des vaisseaux. Cette compression est parfois si forte que la racine tendue imprime dans l'écorce de l'organe sur lequel elle s'appuie un sillon profond. Il en résulte le plus souvent un accroissement excentrique, dû au ralentissement de l'activité du cambium sur le côté pressé. Les portions ainsi comprimées présentent le plus souvent une torsion de fibres, mais au point de vue anatomique, elles ne se distinguent pas d'une manière notable des portions droites simplement tendues. On constate en somme que, même dans les portions comprimées

latéralement, l'influence de la *traction* sur la structure du bois reste dominante.

Ponctuations. Une comparaison attentive m'a permis de constater que, d'une façon assez générale, les ponctuations des vaisseaux et des trachéides étaient plus nombreuses et plus serrées chez les racines tendues que dans les éléments correspondants des racines normales. Cette observation concernant les éléments vasculaires des feuilles est à rapprocher de la fréquence des ponctuations aréolées *bisériées* dans les bois de printemps des racines hypertendues des Conifères (1).

Résumé et conclusions

En résumé, comparées aux racines normales, les racines hypertendues des espèces étudiées (*Fagus*, *Ulmus*, *Fraxinus* en particulier) sont caractérisées :

1° par le grand développement du système conducteur (vaisseaux et trachéides plus gros et plus nombreux) ;

2° par la réduction d'épaisseur des parois des fibres, et par une diminution générale de la lignification ;

3° fréquemment aussi, par une modification dans la proportion du parenchyme ligneux et des rayons médullaires ;

4° par le diamètre généralement plus grand de la plupart des éléments du bois, par leur groupement souvent plus régulier, par la densité plus grande de leurs ponctuations et par la persistance plus prolongée de l'état vivant.

Peut-être, toutes ces particularités sont-elles corrélatives d'une seule et même réaction fondamentale ? Cela est même probable. La circulation plus intensive de l'eau par exemple, suffirait à expliquer, dans une certaine mesure, la diminution de lignification et par là, la persistance plus prolongée de l'état vivant, deux conditions capables à leur tour de réagir sur l'emmagasinement des réserves.

Malheureusement, les corrélations qui existent entre les diverses fonctions des tiges et des racines ligneuses ne nous sont guère connues, et nous ne savons pas dans quelle mesure les modifications qui atteignent l'une d'entre elles retentissent sur les autres.

(1) Les particularités anatomiques des racines tendues des Conifères feront l'objet d'un Mémoire particulier.

Les expériences que j'entreprends maintenant apporteront, je l'espère, quelque lumière sur cette question. En attendant, il serait prématuré de vouloir expliquer pourquoi, dans les racines hypertendues, c'est le système vasculaire, et non pas, comme on aurait pu le supposer, le tissu mécanique qui se développe le plus.

Institut de Physiologie végétale de l'École polytechnique suisse,
Zürich. Octobre 1913.

OBSERVATIONS ANATOMIQUES

SUR LES *GRAVESIA* DE MADAGASCAR

par M. H. JACOB DE CORDEMOY

Maître de Conférences à l'Université de Marseille.

Les *Gravesia* n'ont encore été qu'insuffisamment observés au point de vue de leur structure ; et comme leurs affinités, parmi les Mélastomées, restent jusqu'à présent douteuses, les documents d'ordre anatomique ne peuvent que contribuer utilement à les élucider. C'est bien certainemement avec les *Veprecella* que les *Gravesia* offrent le plus d'affinités. Mais celles-ci sont-elles assez grandes pour justifier la fusion des deux genres, comme l'a fait Baillon ; ou bien ne sont-elles qu'apparentes et doit-on admettre avec d'autres auteurs, comme M. Van Tieghem, que ces deux genres diffèrent assez, du moins anatomiquement, pour prendre place dans deux sous-tribus voisines, mais distinctes, les *Gravesia* parmi les Sonérilées, qui sont adesmes, et les *Veprecella* parmi les Oxysporées, qui sont myélodesmes ? Nous nous proposons de revenir sur cette question un peu plus tard, de la discuter et d'émettre un avis basé sur des faits aussi nombreux que possible. Pour l'instant, ce que nous pouvons affirmer, et ce que nous démontrerons dans cette courte étude, c'est que la structure adesme ou myélodesme, définie par l'absence ou la présence de faisceaux surnuméraires dans la moelle de la tige, ne suffit pas pour distinguer des genres aussi voisins, car ce caractère offre, dans un même genre, des variations considérables et qui restent le plus souvent inexplicables. C'est ainsi que les *Gravesia* sont tantôt myélodesmes et tantôt adesmes,

tout comme les *Medinilla* que nous avons étudiés récemment (1).
Bien plus, nous avons signalé (2) des cas d'une même plante pouvant posséder un ou plusieurs faisceaux médullaires dans une partie de sa tige, tandis que l'autre en est dépourvue.

Nous allons constater encore des faits analogues parmi les quatorze espèces de *Gravesia* malgaches, nouvelles pour la plupart, que MM. Jumelle et Perrier de la Bâthie ont nommées et décrites. Notre étude actuelle, limitée à ce groupe de *Gravesia* vrais ou *Eugravesia*, aura surtout pour objet de montrer qu'il y a, dans la structure de l'appareil végétatif de ces plantes, indépendamment du caractère si variable relatif aux faisceaux médullaires, d'autres caractères communs et constants qui permettent de les rapprocher étroitement, et qui forment, par leur ensemble, une sorte de type anatomique réalisé par les *Gravesia*. Ultérieurement ce type anatomique pourra servir de base pour déterminer les affinités directes ou indirectes des *Gravesia* avec les *Veprecella*.

Ces *Gravesia* de Madagascar sont tous de petites plantes recueillies le plus souvent sur les rocailles, dans les bois, sur les bords des torrents; plus rarement, sur les vieux troncs, et à différentes altitudes jusqu'à 1500 mètres, dans la région orientale de l'île. Les uns sont acaules, ou du moins à tige très courte garnie de racines adventives et portant des feuilles plus ou moins étalées sur le sol; les autres sont subacaules, toujours de petite taille, à tige couchée, rampante ou parfois dressée, pourvue de racines à la base. De là deux sections qu'il est utile de distinguer dans l'étude de la tige.

I. — Structure de la tige.

§ 1. Espèces acaules

Nous en avons observé huit, toutes nouvelles : *Gravesia masoalensis*, *G. albinervia*, *G. macrosepala*, *G. extenta*, *G. rosea*, *G. malvacea*, *G. mangorensis*, *G. calliantha*.

Ces *Gravesia* ont leur tige plus ou moins épaisse, celle du *G. extenta*, la plus grosse, ayant au plus 6 à 7 millimètres de diamètre. Cette tige est généralement plus ou moins arrondie, sauf chez le

(1) H. Jacob de Cordemoy : Recherches anatomiques sur les *Medinilla* de Madagascar. (*An. Sc. nat., Bot.* 1913).

(2) H. Jacob de Cordemoy : Recherches anatomiques sur les *Mélastomacées* du Nord-Ouest de Madagascar (*An. Sc. nat., Bot.* 9e série, t. XIV, p. 281).

G. albinervia, où elle est tétragone, avec deux faces opposées déprimées, plus petites que les deux autres convexes. L'épiderme est souvent à cuticule pourvue de stries saillantes. Le périderme, toujours superficiel, est tantôt épidermique tantôt sous-épidermique. La tige est, chez ces plantes, constamment hérissée d'aiguillons et surtout de poils particuliers. Dans un travail antérieur, nous avons défini ces aiguillons des Mélastomées, qui sont « des productions corticales superficielles, pourvues d'un revêtement épidermique ». Chez les *Gravesia*, ces aiguillons sont coniques, plus ou moins longs et larges, à surface lisse. Leur parenchyme central, d'origine corticale, le plus souvent exodermique, reste mou, ou se sclérifie partiellement ou en totalité ; on trouve donc, selon les espèces, des aiguillons mous ou scléreux. Quant aux poils, productions exclusivement épidermiques, ils nous semblent caractéristiques des *Gravesia*, car ils se trouvent, d'une manière constante et avec sensiblement la même structure, dans tout l'appareil végétatif des espèces examinées. Ce sont des poils glanduleux (fig. 1), généralement courts, composés d'un pied ou pédicelle de deux à quatre cellules, à membrane sclérifiée, souvent pourvue de stries saillantes, et d'une tête globuleuse remplie de tannin, formée soit d'une grosse cellule sphérique, à membrane mince, soit de quatre cellules provenant de la division de la précédente par deux cloisons perpendiculaires ; mais qu'elle soit unicellulaire ou pluricellulaire, cette tête renflée tannifère est toujours plus ou moins inclinée sur le pied qui la porte, parfois même complètement renversée contre le pédicelle rigide. Ce sont donc, plus brièvement, des poils pluricellulaires, unisériés, capités, glanduleux et tannifères, car ils secrètent du tannin, substance qui, d'après les faits que nous avons relatés ailleurs, paraît jouer un rôle biologique important chez les Mélastomées.

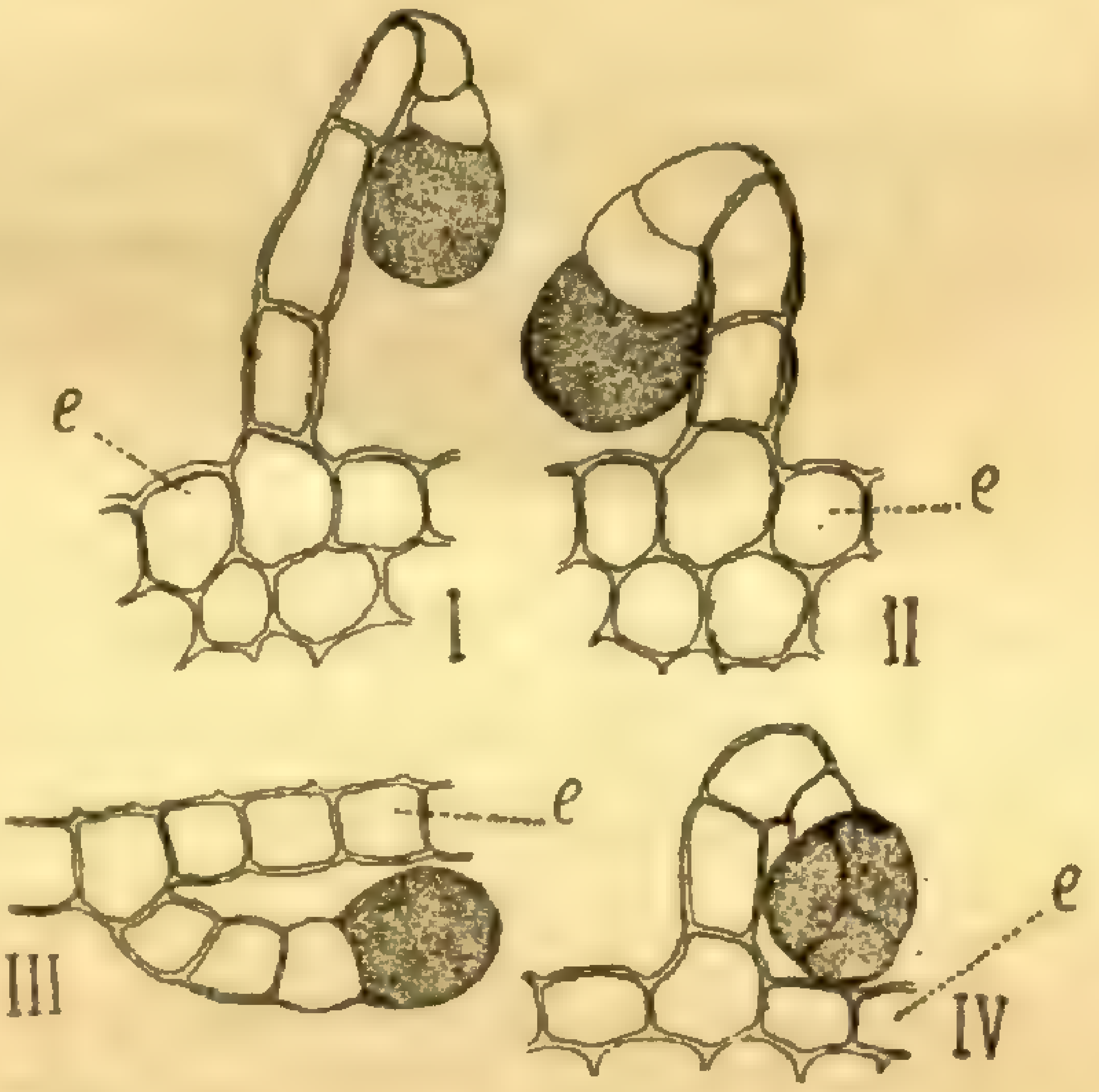


Fig. 1. — Poils tannifères : I et II, de *G. bertolonioides* ; III, de *G. onivensis* ; IV, de *G. albinervia* ; e, épiderme.

L'écorce, plus ou moins épaisse, d'une dizaine d'assises cellulaires au plus, offre presque toujours une couche de collenchyme périphérique et une partie parenchymateuse interne. Cependant il s'y trouve parfois des cellules scléreuses de soutien, annulaires, isolées ou par petits groupes de deux ou trois éléments (*G. macrosepala, G. extenta, G. calliantha, G. malvacea*).

L'endoderme est toujours nettement caractérisé par ses cellules rectangulaires aplaties à cadres subérisés bien différenciés; il conserve partout cet aspect classique et ne sclérifie que rarement, çà et là, quelques-uns de ses éléments (*G. malvacea*). Le péricycle est aussi le plus souvent distinct, avec des cellules minces, étirées tangentiellement, alternant avec les éléments endodermiques. Aussi, grâce à cette différenciation constante de l'endoderme et du péricycle, la limite et la forme de la stèle sont toujours bien définies.

La stèle est le plus souvent arrondie, circulaire, sauf chez le *G. albinervia*, dont la tige tétragone a un cylindre central elliptique au sommet et quadrangulaire à la base. L'anneau libéro-ligneux secondaire a nécessairement la même forme que la stèle à laquelle il appartient. Le liber est toujours très mince relativement au bois; il est, dans la moitié des cas, pourvu de fibres éparses, plus ou moins nombreuses (*G. macrosepala, G. extenta, G. malvacea, G. calliantha*). Dans cette dernière espèce, on ne constate, du reste, de fibres libériennes que dans la partie qui porte des racines.

Le bois secondaire est toujours beaucoup plus épais que le liber. Il se compose d'ordinaire surtout d'une masse de fibres lignifiées, avec de rares et étroits vaisseaux. Mais dans ces tiges courtes et rhizomateuses, toute région où s'insèrent des racines adventives possède toujours des vaisseaux plus nombreux et plus larges (*G. calliantha*, par exemple). Ce développement du système vasculaire est en rapport étroit avec le rôle de conduction, dévolu aux racines, de la sève brute puisée dans le sol.

Les pointes formées par les faisceaux de bois primaire au bord interne de l'anneau ligneux secondaire sont le plus souvent peu distinctes et irrégulièrement réparties; on en compte parfois assez facilement quatorze. En correspondance avec elles sont les massifs que forme la zone périmédullaire, qui proéminent plus ou moins dans la moelle, et dans lesquels sont constamment différenciés des fasci-

cules criblés (fig. 2). Mais si ces fascicules criblés périmédullaires sont toujours différenciés en dedans des faisceaux de bois primaire, il n'en est pas de même dans les espaces interfasciculaires, au bord interne du bois secondaire où souvent, il est vrai, la zone périmédullaire se distingue de la moelle par ses cellules plus petites, à membrane mince ou sclérifiée *(G. macrosepala)* et renferme de petits îlots criblés rares et disséminés ; mais où, parfois aussi, la zone périmédullaire élargit et arrondit ses cellules, se confond avec la moelle et ne différencie pas de tissu criblé. Dès lors les fascicules criblés ne s'observent qu'en dedans du bois primaire où ils sont exclusivement localisés ; et, d'une manière assez générale, cette disposition est surtout réalisée à la base de la tige *(G. mangorensis)*.

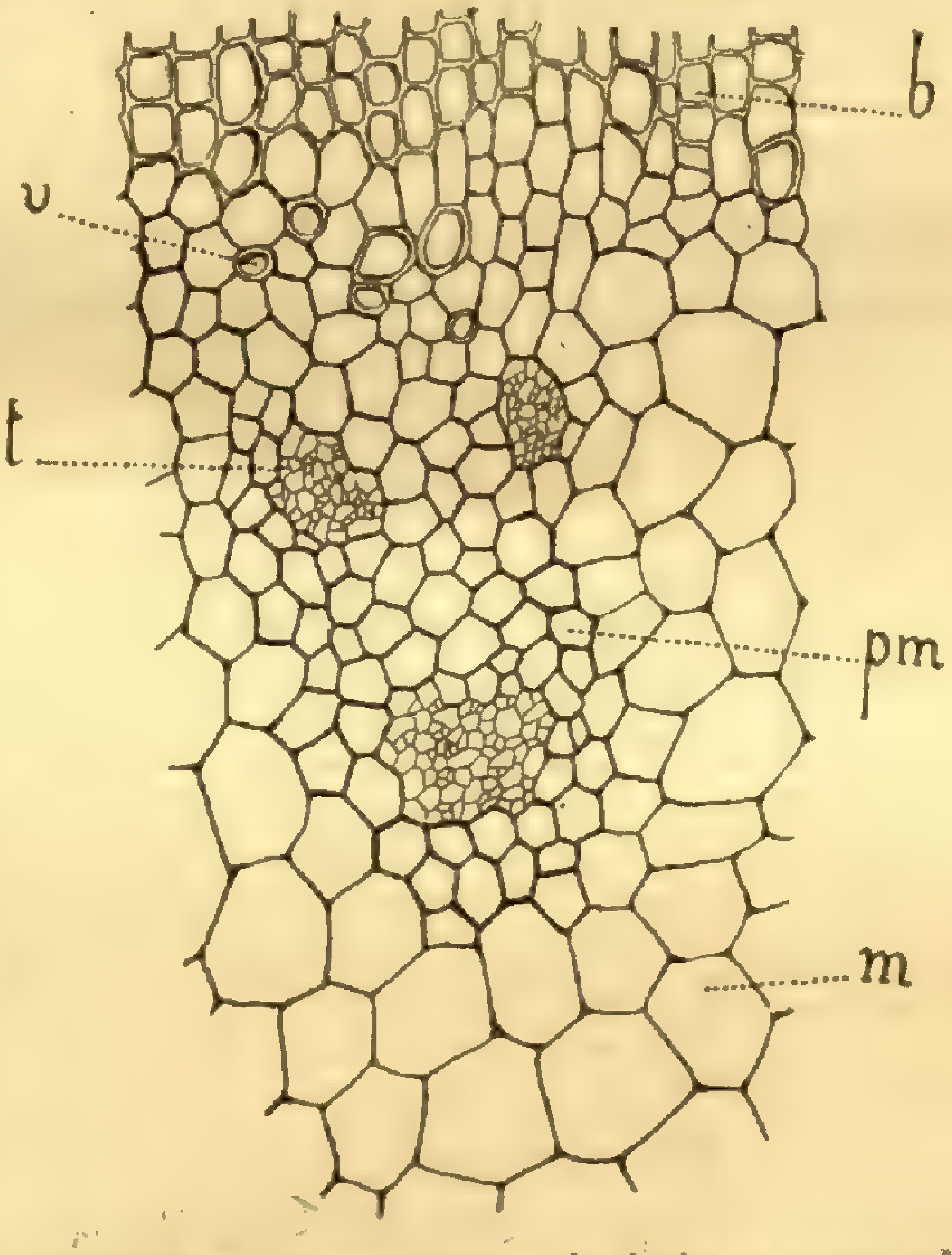


Fig. 2. — Face interne du bois et zone criblée périmédullaire de la tige de *G. macrosepala* ; *b*, bois ; *v*, vaisseaux primaires ; *pm*, zone périmédullaire avec faisceaux criblés *(t)* ; *m*, moelle.

La moelle, relativement large au sommet de la tige, réduit plus ou moins son diamètre à la base ; elle est parenchymateuse ou parfois presque totalement sclérifiée *(G. macrosepala)*.

Des huit espèces acaules examinées, deux seulement étaient adesmes, c'est-à-dire à tige dépourvue de tout faisceau médullaire *(G. masoalensis, G. extenta)*. Les six autres espèces possédaient dans leur moelle des faisceaux surnuméraires, *mais en nombre toujours très réduit*. D'ailleurs, c'est là un caractère qui subit des variations remarquables. Le *G. calliantha*, qui est essentiellement acaule, offre dans la moelle de sa courte tige, et un peu excentriquement, un faisceau cribro-vasculaire, formé d'un groupe vasculaire central de trois ou quatre éléments, entouré de tissu criblé. Il en est de même pour le *G. albinervia*. Mais dans la moelle large et presque entièrement sclérifiée de *G. macrosepala*, on trouve deux faisceaux

cribro-vasculaires composés chacun d'un petit groupe vasculaire central et de tissu criblé périphérique.

Dans les trois espèces précédentes, la tige est très courte et tout entière myélodesme. Chez les trois espèces suivantes, des modifications, à cet égard, se produisent aux différents niveaux d'une même tige. Un premier exemple nous est fourni par le *G. mangorensis*, petite plante dont la tige présente nettement deux parties : une base rampante à entre-nœuds courts, garnie de racines insérées aux nœuds, et quelques petits rameaux à peine dressés, portant des feuilles étalées sur le sol. Or, des sections successives pratiquées avec soin dans ces courts rameaux dressés, montrent qu'à leur sommet la moelle parenchymateuse renferme deux petits faisceaux cribro-vasculaires ovales, placés côte à côte, un peu excentriquement, et qu'à leur base, la région médullaire, relativement plus étroite, contient encore un faisceau cribro-vasculaire, que l'on peut considérer comme résultant de la réunion des deux précédents. Les petits rameaux dressés sont donc myélodesmes. Au contraire, dans la base rampante et rhizomateuse de la tige, la moelle est entièrement privée de tout faisceau surnuméraire : elle est, en un mot, adesme. En résumé, la tige de *G. mangorensis* est myélodesme dans ses parties terminales, feuillées et plus ou moins dressées, tandis qu'elle est adesme dans sa portion basilaire. Il en est de même pour le *G. rosea*.

Cependant, une disposition inverse s'observe également. Chez le *G. malvacea*, une petite tige légèrement dressée s'est montrée adesme ; tandis que toute la partie couchée, rhizomateuse, de l'axe caulinaire, d'où partent les hampes florales, offre, sur les sections, une moelle large, renfermant un faisceau cribro-vasculaire un peu excentriquement situé. La hampe florale elle-même possède deux faisceaux cribro-vasculaires médullaires. Comme de nombreuses observations nous ont permis de constater que la hampe florale ou l'axe principal de l'inflorescence réalise toujours exactement, chez les Mélastomées, le type de structure de la tige de l'espèce considérée, nous pouvons dire que, chez le *G. malvacea*, la tige est, en réalité, myélodesme.

Les huit *Gravesia* acaules contiennent, dans leur courte tige, de nombreux cristaux d'oxalate de calcium et une substance de réserve, qui est de l'amidon. L'oxalate de calcium, sous forme de mâcles

sphériques, se trouve exclusivement dans l'écorce et la moelle, et abonde particulièrement aux nœuds. L'amidon, en gros grains sans hile apparent ni stries, se colore, par les solutions iodées, en bleu violet, et se rencontre surtout en abondance dans les régions corticale et médullaire, mais aussi parfois dans le parenchyme libérien et dans les éléments parenchymateux de la zone criblée périmédullaire et du tissu criblé des faisceaux médullaires *(G. calliantha)*. Il y a également, dans le liber de cette dernière espèce, de nombreuses cellules tannifères.

Quant aux racines adventives, elles sont normales et ont toutes leur structure secondaire. L'anneau libéro-ligneux très épais circonscrit une moelle étroite, entièrement sclérifiée et toujours dépourvue, comme on sait, de zone criblée périmédullaire et de tout faisceau médullaire.

§ 2. — Espèces subacaules, a tige courte, rampante ou plus ou moins dressée

Les caractères caulinaires des *Gravesia* acaules se retrouvent presque entièrement dans la tige, pourtant plus développée, des espèces subacaules, avec pourtant certaines particularités. Six *Gravesia* de cette section ont été examinés : *G. macrantha, G. distantinervia, G. torrentum, G. velutina, G. onivensis* et *G. pusilla* Cogn.

La tige de ces *Gravesia* est encore généralement arrondie, sauf celle de *G. pusilla*, qui, à son sommet, offre quatre côtes saillantes, symétriquement disposées, lesquelles s'atténuent d'ailleurs progressivement vers la base. L'épiderme est souvent à cuticule striée, et le périderme est soit épidermique soit exodermique. La tige est, plus nettement encore que dans les espèces acaules, hérissée d'aiguillons et de poils. Tantôt ce sont les aiguillons qui dominent, alors que les poils sont relativement peu nombreux *(G. velutina)* ; tantôt, au contraire, ce sont les poils qui abondent, tandis que les aiguillons sont plus rares *(G. pusilla*, à son sommet) ; tantôt enfin, les aiguillons sont relativement aussi fréquents que les poils sont nombreux, au moins dans les entre-nœuds supérieurs (*G. torrentum)*. Les aiguillons, déjà définis plus haut, sont coniques, à surface lisse, parenchymateux, mous, ou plus ou moins sclérifiés. Quant aux poils, déjà décrits aussi, et que nous considérons comme

caractéristiques des *Gravesia* (1), ils ne manquent jamais, pour peu qu'on examine le sommet des tiges, où le périderme n'est pas encore apparu ; et d'ailleurs, ils se retrouvent aussi constamment sur le pétiole et le limbe foliaire. Ce sont, nous le savons, des poils courts,

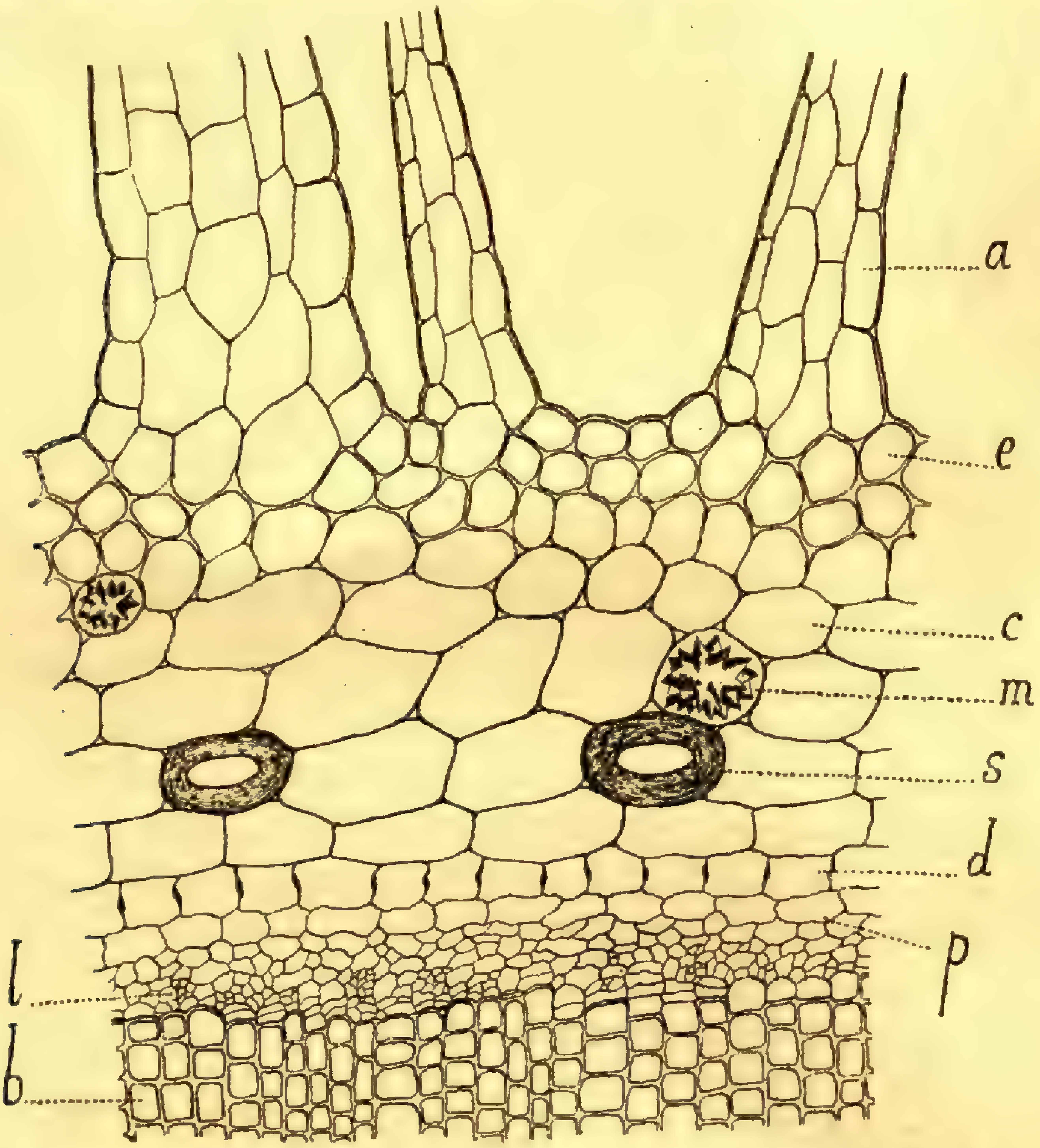


Fig. 3. — Coupe transversale de la tige de *G. velutina : a*, aiguillons ; *e*, épiderme ; *c*, écorce ; *m*, cellule oxalifère ; *s*, sclérite ; *d*, endoderme ; *p*, péricycle ; *l*, liber ; *b*, bois.

pluricellulaires, unisériés, capités, glanduleux, à tête inclinée ou renversée sur le pédicelle.

L'écorce (fig. 3.) offre parfois une couche épaisse de collenchyme (*G. distantinervia*) et parfois aussi, dans son parenchyme, des cellules

(1) Et c'est précisément parce que ces poils tels que nous les décrivons et figurons nous paraissent caractéristiques des vrais *Gravesia*, que nous hésitons à maintenir dans ce genre le *Gravesia guttata* Triana, car la feuille de cette espèce nous offre des poils dont le pédicelle est hérissé de prolongements cellulaires en pointes coniques, et qui sont analogues aux poils que nous trouvons sur la feuille de

scléreuses disséminées *(G. velutina)*. Au sommet de la tige, tout le parenchyme cortical et médullaire est quelquefois collenchymatoïde *(G. pusilla, G. distantinervia)*. L'endoderme est toujours caractérisé nettement par ses cadres subérisés, sauf chez le *G. macrantha*, à tige dressée. Comme le péricycle est d'ordinaire distinct aussi, il en résulte que la forme de la stèle, et, par suite, de l'anneau libéro-ligneux, est bien définie. Elle est généralement arrondie, circulaire, parfois elliptique *(G. pusilla)*. Le liber, en couche mince, est toujours dépourvu de fibres et de mâcles cristallines. Le bois secondaire, relativement très épais, a les mêmes caractères que dans les espèces acaules ; son épaisseur est uniforme dans les parties dressées *(G. macrantha, G. torrentum, G. pusilla)* ; le caractère de dorsiventralité ne se montre plus qu'à la base, rampante, couchée, de la tige. Les pointes formées par les faisceaux de bois primaire paraissent être encore de quatorze, mais ne sont jamais bien distinctes, par suite de la fusion des faisceaux latéralement. Pour ce qui est de la zone périmédul-

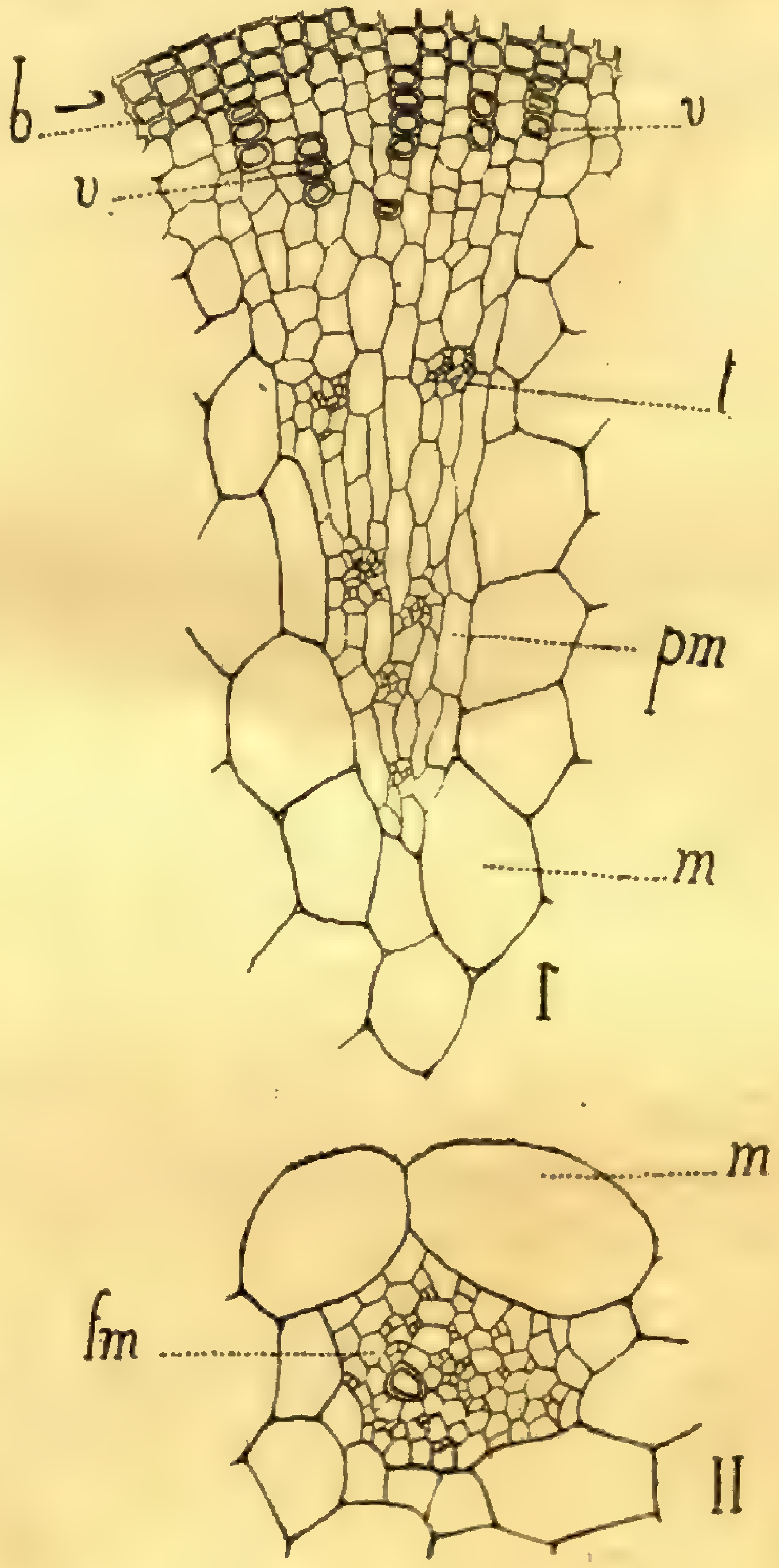


Fig. 4. — Tige de *G. distantinervia* : I, face interne de la couche ligneuse ; *b*, bois ; *v*, vaisseaux ; *pm*, zone périmédullaire, avec faisceaux criblés *(t)* ; *m*, moelle. — II, faisceau cribro-vasculaire médullaire ; *m*, moelle ; *fm*, faisceau.

Veprecella microphylla. Cette plante nous paraît, en conséquence, se rapprocher plutôt des *Veprecella* que des *Gravesia* véritables. D'ailleurs, M. Van Tieghem, se basant sur le nombre élevé des faisceaux médullaires (quatre) trouvés par lui dans la tige de ce *Gravesia guttata* s'était déjà demandé si cette plante était bien un *Gravesia* et s'il ne fallait pas plutôt la rattacher au genre *Bertolonia* ? (*An. Sc. nat. Bot.* 1891, p. 67, en note).

laire, des fascicules criblés qui s'y différencient et de leur répartition, nous ne pourrions que répéter ce qui a été dit plus haut. Dans certains cas, les plus simples, la zone périmédullaire ne se distingue qu'en dedans des faisceaux ligneux primaires où elle forme ces sortes de coins qui proéminent dans la moelle (fig. 4), et dans lesquels se différencient des fascicules criblés ; mais dans les espaces interfasciculaires, au bord interne du bois secondaire, elle se confond avec la moelle et ne comprend aucun îlot criblé *(G. distantinervia, G. pusilla)*. Mais dans les autres espèces la zone périmédullaire se distingue de la moelle dans toute son étendue ; en dedans de l'anneau ligneux, et dans les espaces interfasciculaires, les îlots criblés y sont disséminés, parfois nombreux *(G. torrentum)*. Pour une espèce donnée, le nombre des fascicules criblés périmédullaires décroît généralement du sommet vers la base de la tige, en même temps que la couche ligneuse s'épaissit et que le diamètre de la moelle diminue.

La moelle suivant le niveau considéré, est donc plus ou moins large, parenchymateuse ou pourvue de cellules scléreuses *(G. torrentum, G. macrantha, G. onivensis)*. Des six espèces observées, trois n'offrent aucun faisceau surnuméraire dans leur moelle et sont adesmes ; ce sont : *G. macrantha*, *G. velutina*, et *G. torrentum*, espèce que nous avons pu étudier complètement à cet égard et dont la hampe florale est elle-même adesme, ce qui, nous l'avons dit, est un critérium. Les trois autres espèces sont myélodesmes : le *G. distantinervia* présente un seul faisceau cribro-vasculaire médullaire comprenant un vaisseau central entouré de tissu criblé ; le *G. pusilla* a aussi un faisceau cribro-vasculaire, mais pourvu de deux petits groupes vasculaires distincts ; enfin le *G. onivensis* possède deux faisceaux cribro-vasculaires médullaires.

Nous avons récemment recherché et discuté, chez les *Medinilla* l'origine de ces faisceaux surnuméraires de la moelle ; aussi nous bornerons-nous simplement à rappeler ici que nous les considérons comme absolument indépendants du système libéro-ligneux normal, et comme des dépendances de la zone périmédullaire dont ils se séparent au niveau des nœuds et en face des faisceaux de bois primaire, pour pénétrer dans la moelle.

Ajoutons que les mâcles cristallines d'oxalate de calcium se trouvent dans toutes les espèces, mais n'existent que dans l'écorce

et la moelle. La substance de réserve est toujours de l'amidon dont les caractères et la répartition sont les mêmes chez les espèces acaules.

II. — Structure de la feuille.

La feuille de tous ces *Gravesia,* quel que soit leur port, réalise un type anatomique assez homogène et constant, qui paraît très peu se modifier avec les différences du milieu. Nos observations anatomiques comprennent non seulement la feuille des quatorze plantes dont la tige vient d'être décrite, mais encore celle de deux anciennes espèces, le *G. bertolonioides* Naud et le *G. primuloides* Cogn. Autant que possible ont été recherchés successivement les caractères du pétiole et ceux du limbe.

Pétiole. — Généralement pourvu d'une gouttière ou parfois d'une face plane supérieure, au moins dans sa région moyenne *(G. calliantha)* le pétiole offre toujours une symétrie bilatérale normale, moins apparente toutefois quand il est très aplati *(G. distentinervia)*. Il est constamment hérissé d'aiguillons et de poils semblables à ceux de la tige. Sous l'épiderme s'étend une couche parfois épaisse de collenchyme, et dans son parenchyme sont, chez quelques espèces, disséminées des cellules scléreuses semblables à celles de l'écorce de la tige *(G. calliantha, G. manospala, G. velutina...)* D'une manière générale, la feuille des *Gravesia* reçoit directement, de la tige au nœud, sept méristèles qui, dans le pétiole, se disposent suivant un arc ouvert en haut. Mais deux cas s'observent : ou bien ces méristèles parcourent longitudinalement le pétiole, sans se ramifier, pour pénétrer dans les nervures principales du limbe *(G. extenta, G. malvacea, G. masoalensis)* ; ou bien, ce qui est le cas le plus fréquent, pendant son trajet dans le pétiole, la méristèle médiane, qui occupe le sommet inférieur de l'arc, se ramifie et donne une *(G. mangorensis, G. macrantha)* ou deux petites ramifications *(G. macrosepala, G. rosea)* qui se disposent symétriquement au-dessus d'elle et en dedans de l'arc des méristèles. Quelquefois on trouve aussi, à l'intérieur de cet arc, quatre petites ramifications issues des méristèles principales, qui se superposent deux à deux et symétriquement *(G. torrentum)*. Parfois encore on observe à la base du pétiole, en outre de deux grosses ramifications de la méristèle médiane, qui la suivent tout le long du pétiole, une série de petites

ramifications disséminées à l'intérieur de l'arc et qui disparaissent dès la région pétiolaire moyenne. Ce sont vraisemblablement des anastomoses n'existant qu'à la base du pétiole.

La structure des méristèles principales est celle-ci : la médiane a son faisceau libéro-ligneux reployé en arc et pourvu, à son bord concave, de tissu criblé péridermique supraligneux. Il en est de même pour les deux méristèles qui suivent latéralement. Mais, dans les autres qui forment les branches de l'arc, l'arc ligneux se ferme et

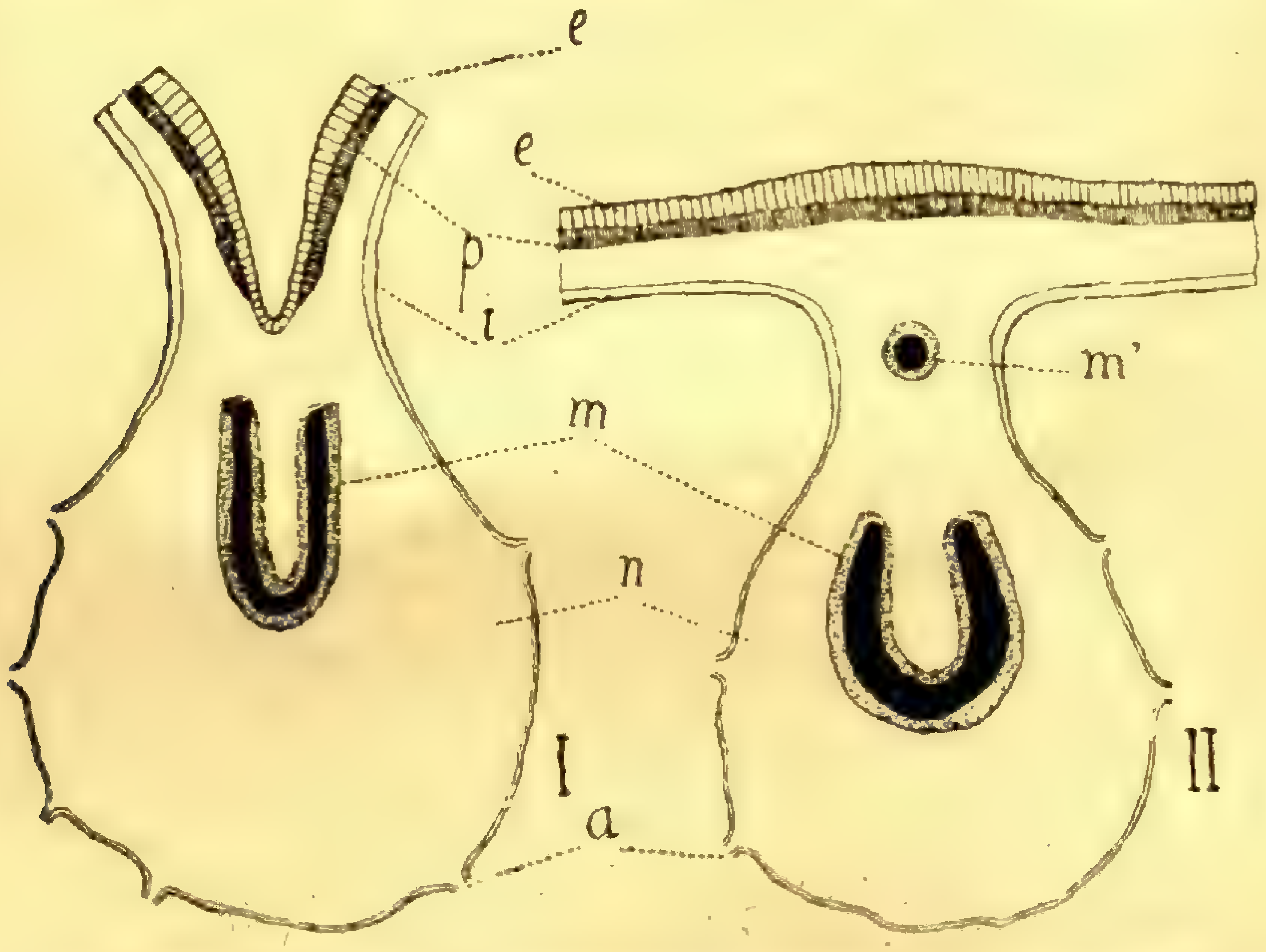


Fig. 5. — Schémas de la section transversale médiane des feuilles de *Gravesia* : I, *G. velutina* ; II, *G. malvacea* ; *e* et *i*, épidermes supérieur et inférieur ; *p*, tissu palissadique ; *a*, aiguillons ; *m*, méristèle ; *n*, parenchyme de la nervure.

la structure devient concentrique, avec bois central et liber périphérique. On constate parfois dans les faisceaux de ces méristèles principales une zone génératrice libéro- ligneuse relativement active (*G. macrosepala*).

Limbe. — Un premier fait frappant quand on examine les sections transversales pratiquées au niveau de la nervure principale médiane du limbe foliaire de la plupart de ces *Gravesia*, c'est la saillie inférieure considérable de cette nervure, contrastant avec la faible épaisseur du limbe proprement dit (fig. 5). Cependant au point de vue du rapport existant entre ces deux parties, nervure médiane et limbe, on distingue deux cas, qui représentent, en quelque sorte, deux types de structure générale de la feuille. Dans certaines espèces, la face supérieure du limbe s'infléchit, se déprime en gout-

tière le long de la nervure médiane, et au fond de cette gouttière l'épiderme réduit les dimensions de ses éléments et sous cet épiderme réduit, on observe une masse de collenchyme parfois, mais jamais de tissu palissadique différencié (*G. macrosepala, G. extenta, G. masoalensis, G. velutina*). Mais dans toutes les autres espèces, la face supérieure du limbe est uniformément plane et l'épiderme aussi bien que l'assise palissadique des lames du limbe se retrouvent dans la nervure médiane. Une disposition analogue existe chez les *Medinilla*. Quoi qu'il en soit, la figure ci-contre (fig. 5) indique nettement les deux modalités ou types de structure foliaire chez les *Gravesia*.

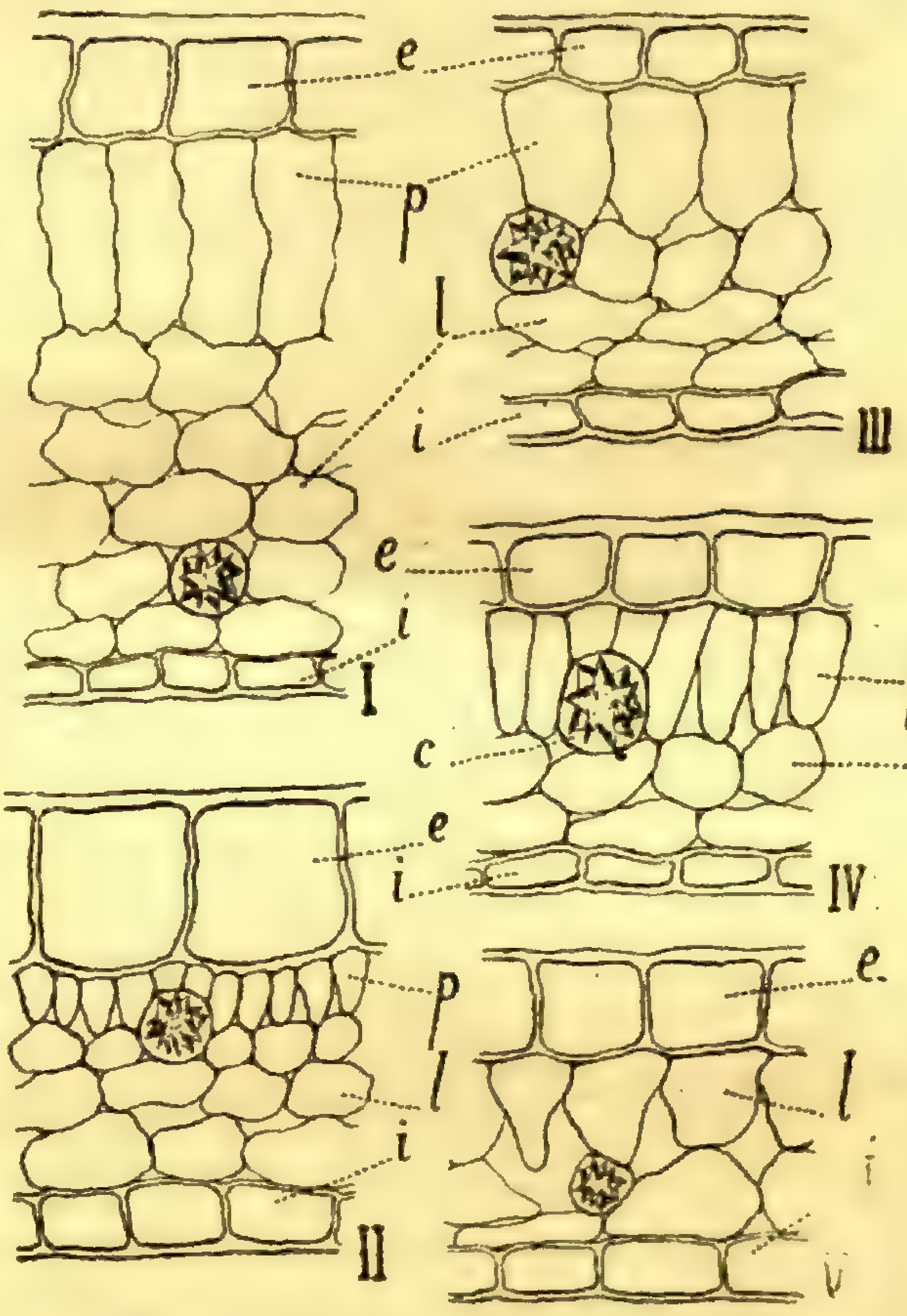


Fig. 6. — Sections du limbe de la feuille : I, de *G. primuloides* ; II, de *G. bertolonioides* ; III, de *G. rosea* ; IV, de *G. malvacea* ; V, de *G. velutina* ; *e*, épiderme supérieur ; *p*, tissu palissadique ; *l*, tissu lacuneux ; *i*, épiderme inférieur.

La nervure médiane, plus ou moins proéminente, et hérissée d'aiguillons et de poils, offre sensiblement la même structure que le pétiole. On y observe une ou plusieurs méristèles disposées en arc, suivant que la méristèle médiane du pétiole, qui y pénètre, présente ou non des ramifications destinées aux nervures latérales.

L'étude du limbe mérite toute notre attention. Ce limbe, avons-nous dit, est d'épaisseur très faible. Sa structeur est bifaciale, mais à des degrés divers, dans toutes les espèces. En général il comprend deux épidermes à larges cellules, plus larges et plus hautes toutefois dans l'épiderme supérieur.

Le mésophylle se compose de trois à six assises cellulaires.

exceptionnellement de huit ou neuf *(G. calliantha)*. La palissade, simple, est plus ou moins différenciée, rarement cloisonnée tangentiellement *(G. distantinervia)*.Le tissu lacuneux n'offre parfois que des méats intercellulaires, sans lacunes véritables. L'épiderme inférieur est stomatifère et c'est surtout, mais non exclusivement, lui qui est hérissé d'aiguillons et de poils caractéristiques.

Mais, étant posés ces caractères généraux, nous distinguerons, suivant l'organisation particulière du mésophylle, deux cas, avec des particularités spécifiques. Un premier cas (fig. 6) concerne treize espèces, y compris le *G. primuloides* et le *G. bertolonioides,* qui ont leur mésophylle entièrement parenchymateux ; le second cas est celui du *G. torrentum*, du *G. extenta* et du *G. calliantha,* dont le mésophylle présente des éléments sclérifiés ou sclérites.

Dans les espèces du premier cas, diverses sortes d'épiderme supérieur se remarquent tout d'abord. Le plus souvent les cellules de cet épiderme sont grandes, et à surface cuticulaire plane, parfois de hauteur égale environ au tiers de l'épaisseur totale du limbe *(G. masoalensis, G. bertoloniodes)*; d'autres fois, au contraire, les cellules épidermiques sont larges, mais aplaties *(G. onivensis, G. distantinervia, G. pusilla)*; chez le *G. albinervia*, dont l'épiderme supérieur est également aplati, la cuticule épaisse est imprégnée d'oxalate de calcium, et, de plus, au voisinage immédiat des nervures, toutes les membranes cuticulaires épidermiques sont incrustées de ce même sel de calcium, ce qui détermine les bandes blanchâtres accompagnant les nervures principales ; d'où le nom spécifique de la plante. Enfin le *G. mangorensis* a son épiderme papilleux, à grosses papilles coniques.

Tous ces épidermes ont leur cuticule fréquemment striée.

Le mésophylle, épais de six rangs de cellules chez le *G. macrantha* est presque homogène, avec une assise palissadique peu différenciée, mais où les mâcles cristallines sont nombreuses. Dans toutes les autres espèces, le mésophylle est plus hétérogène et la structure bifaciale plus apparente, même chez *G. velutina* où, entre deux épidermes à larges éléments, le mésophylle ne comprend que deux ou trois assises cellulaires, dont la supérieure est à cellules plus hautes que larges, bien que de nature palissadique. Ailleurs, la palissade est à grandes cellules rectangulaires isodiamétriques *(G. macrosepala)*, ou plus hautes que larges, et tantôt simples

(*G. albinervia, G. mangorensis, G. primuloides*), tantôt cloisonnées tangentiellement (*G. distantinervia, G. pusilla*). Beaucoup plus accentuée apparaît la différenciation du mésophylle dans les espèces suivantes : *G. bertolonioides* et *G. masoalensis*, où la palissade, à petites cellules rectangulaires ou un peu triangulaires se distingue nettement du parenchyme lacuneux de deux ou trois assises de grandes cellules ; *G. malvacea*, où le mésophylle a, à peu de chose près, la même composition que dans les espèces précédentes, mais avec cellules palissadiques plus hautes, mieux différenciées encore. Enfin le maximum de développement et de différenciation de l'assise palissadique, à cellules allongées perpendiculairement

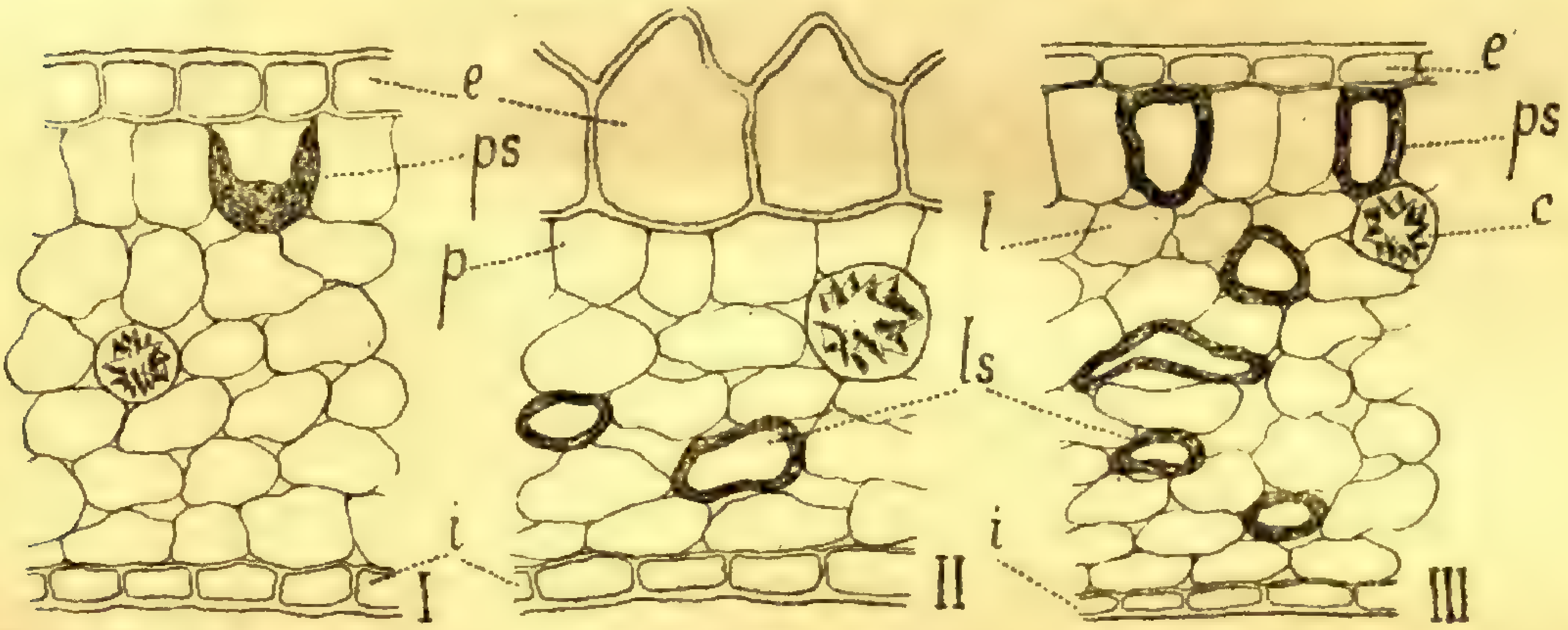


Fig. 7. — Sections du limbe de la feuille : I. de *G. torrentum* ; II, de *G. extenta*; III, de *G. calliantha* ; *e*, épiderme supérieur ; *i*, épiderme inférieur ; *ps*, sclérite palissadique ; *p*, tissu palissadique ; *ls*, tissu lacuneux ; *c*, cellule oxalifère.

au limbe, trois à quatre fois plus hautes que larges, étroitement unies, s'observe chez le *G. onivensis*, ce qui peut tenir à l'altitude (1.400 mètres) et aussi à l'éclairement sur les bords de l'Onive, où cette plante a été récoltée. Mais comme d'autre part, le *G. macrosepala* qui a été rencontré à 1.500 mètres n'offre qu'une très faible différenciation palissadique, ce qui indique le peu d'influence du milieu sur la structure foliaire, on pourrait sans doute être amené à considérer le *G. onivensis*, qui est tétramère, comme appartenant à une section du genre *Gravesia*.

Restent les trois espèces dont le mésophylle est pourvu de sclérites (fig.7). Leur limbe est relativement épais. Un premier cas, simple, est celui de *G. torrentum* ; son mésophylle se compose de six assises cellulaires, avec une palissade à larges cellules rectangulaires dont la membrane s'épaissit fréquemment en U, en se sclérifiant forte-

ment. Ce sont des sclérites palissadiques. Un second cas, simple également, est réalisé par le *G. extenta* dont le limbe offre un épiderme supérieur à larges cellules prolongées en grosses papilles coniques et dont les mésophylles à assise palissadique peu différenciée, possèdent, dans la couche lacuneuse, des sclérites à contour irrégulier, mais peu rameuses en général, et d'ailleurs assez rares. Plus complexe est la structure du limbe particulièrement épais de *G. calliantha,* dont le mésophylle est formé de huit à neuf assises de cellules. On observe encore dans cette espèce de nombreuses sclérites palissadiques, à membrane totalement sclérifiée et ponctuée, mais, en outre, dans tout le tissu lacuneux sont disséminées de grosses sclérites rameuses à membrane épaisse, lignifiée et ponctuée. En d'autres termes, tout le mésophylle contient des sclérites ; c'est dans tout le mésophylle encore, et chez toutes les espèces, que se trouvent, en plus ou moins grande abondance, des mâcles sphériques d'oxalate de calcium.

Résumé critique et conclusions.

Les *Gravesia* sont donc de petites plantes, à tige courte, rampante ou plus ou moins dressée, et qui offrent dans leur structure caulinaire et foliaire une série de caractères dont l'ensemble nous paraît constituer, en quelque sorte, le type anatomique du genre.

Tout d'abord la feuille et la tige sont hérissées d'aiguillons et de poils. Les aiguillons sont coniques, à surface lisse, mous ou siliceux.

Les poils semblent caractéristiques des *Gravesia ;* ils sont courts, pluricellulaires, unisériés, capités, à tête penchée, glanduleuse, tannifère.

Dans la *tige* en particulier, il est certains caractères qu'il importe de mettre en évidence. C'est d'abord l'endoderme, le plus souvent bien différencié, à cadres subérisés très distincts et qui le sont d'autant plus, comme on sait, que l'on observe la partie basilaire, rampante, rhizomateuse, de la tige. C'est ensuite l'anneau de bois secondaire, surtout fibreux, avec d'étroits et rares vaisseaux, le système vasculaire ne se développant que dans la région d'insertion des racines adventives.

Le tissu criblé périmédullaire est notablement réduit. Les fascicules criblés existent toujours plus ou moins nombreux dans les

massifs périmédullaires saillants en correspondance avec les faisceaux de bois primaire; mais dans les espaces interfasciculaires, au bord interne du bois secondaire, ils sont relativement rares et même peuvent manquer totalement, tandis que la zone périmédullaire elle-même ne se distingue plus en rien de la moelle. Si celle-ci contient des faisceaux surnuméraires, généralement cribro-vasculaires, mais toujours très peu nombreux (un ou deux au plus dans les *Gravesia* malgaches), l'espèce est myélodesme; si au contraire, la tige est dépourvue de tout faisceau médullaire, l'espèce est adesme.

Comme les faisceaux médullaires sont des dépendances de la zone périmédullaire, puisque ce sont, en somme, des cordons détachés de celle-ci aux nœuds et en face des pointes de bois primaire, il me semble y avoir un rapport étroit entre ces deux faits : réduction de la zone criblée périmédullaire et diminution extrême du nombre des faisceaux médullaires. Cependant, dans telle espèce, *G. torrentum*, par exemple, où les fascicules criblés sont relativement nombreux et régulièrement répartis dans toute la zone périmédullaire, et où, par conséquent, le système criblé périmédullaire est particulièrement développé, la moelle ne reçoit de celui-ci aucun faisceau, elle est adesme; dans telle autre espèce, au contraire, *G. distantinervia* ou *G. pusilla*, où les seuls fascicules criblés périmédullaires existant sont ceux qui correspondent aux faisceaux de bois primaire et où, par suite, il y a réduction du système criblé périmédullaire, la moelle en reçoit un faisceau cribro-vasculaire. Ces constatations, qui semblent paradoxales, s'expliquent. Nous avons vu, en étudiant récemment des *Medinilla*, que les faisceaux médullaires sont toujours émis par les seuls massifs périmédullaires en correspondance avec les faisceaux de bois primaire; il suffit donc que ces massifs seuls soient bien développés, comme cela a lieu dans les deux dernières espèces citées, pour qu'ils puissent détacher dans la moelle des faisceaux surnuméraires. D'autre part, on peut admettre dans le *G. torrentum*, cité plus haut, que la différenciation des fascicules criblés périmédullaires dans les espaces interfasciculaires compense l'absence de tout faisceau médullaire.

Quoi qu'il en soit, nous avons vu que le genre *Gravesia*, malgré la constante et extrême réduction du système des faisceaux médullaires de sa tige, est plutôt myélodesme qu'adesme. D'ailleurs, c'est là un caractère trop variable, et dont les variations sont trop diffici-

lement explicables, pour avoir quelque valeur dans le diagnose du genre.

Dans la *feuille*, le pétiole est à peu près normal. La nervure principale médiane proémine fortement, et cette saillie inférieure contraste avec la faible épaisseur du limbe. Du rapport entre ces deux parties, limbe et nervure, résultent deux grandes modalités de conformation de la feuille, qui est à surface supérieure uniformément plane, ou déprimée le long de la nervure. La structure du limbe est bifaciale, avec des épidermes très développés parfois. Le mésophylle, le plus souvent réduit, à assises palissadiques plus ou moins différenciées est parenchymateux ou, parfois, présente des sclérites localisées ou réparties dans toute sa masse.

Remarquons enfin que la structure foliaire paraît peu influencée par les différences de milieu, ce qui lui donne une réelle valeur en raison de sa constance relative au point de vue de la classification de ces plantes et de leurs affinités.

LE GENRE *GRAVESIA*

par M. H. JUMELLE
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille,

et M. H. PERRIER de la BATHIE

S'il est deux genres qui, à première vue, peuvent sembler bien distincts et facilement séparables, ce sont, certes, les deux genres *Veprecella* et *Gravesia,* puisque le premier appartient à la tribu des Oxysporées et le second à celle des Sonérilées ou Cassebeeriées. Et, tant au point de vue anatomique qu'au point de vue de la morphologie externe, il n'apparaît pas qu'on puisse éprouver quelque embarras pour différencier deux genres qui appartiennent respectivement à ces deux tribus, car les Oxysporées sont des Myélodesmes et les Sonérilées des Adesmes.

Déjà donc le simple examen d'une coupe de la tige devrait suffire pour permettre de décider si telle Mélastomacée malgache dont l'étamine porte, comme unique appendice, un éperon postérieur, est un *Veprecella* ou un *Gravesia.*

Nous n'avons pas à rechercher ici ce que vaut réellement pour nos deux genres ce critérium anatomique ; ce qui est certain, c'est que, par les caractères floraux, la délimitation n'est nullement aussi nette qu'on semble le supposer ordinairement.

Les *Gravesia* sont bien généralement, il est vrai, d'autre part, des plantes herbacées, subacaules ou à courte tige, atteignant plutôt rarement 40 centimètres, comme notre *Gravesia ramosa* (1), tandis que les *Veprecella* sont fréquemment des plantes frutescentes et

(1) H. Jumelle et H. Perrier de la Bâthie : Quelques Mélastomacées du Nord-Ouest de Madagascar. *(Annales des Sciences Naturelles ;* 1912).

grimpantes, à rameaux assez robustes; mais, outre que le port ne peut constituer qu'un caractère de faible importance, il n'y a pas encore, à cet égard, une différence nette. Le *Veprecella nigrescens* Naud., par exemple, tout en étant volubile, est à peine ligneux et presque herbacé. Le *Veprecella riparia*, sur les bords des ruisseaux du Tsaratanana, est une plante également herbacée de 80 centimètres à 1 m. 20 de hauteur. Notre *Veprecella violacea* a une tige ligneuse, mais grêle et traînante.

Dans ces conditions, nous nous rallierions donc volontiers à l'opinion de Baillon, qui a supprimé le genre *Veprecella* et en a transporté tous les représentants dans l'unique genre *Gravesia*, faisant remarquer que les étamines et les graines (du moins celles connues) des *Veprecella* sont semblables aux étamines et aux graines des *Gravesia*.

En tout cas, sans nous prononcer pour le moment, car notre intention est de ne reprendre qu'ultérieurement l'étude des plantes qui offrent les caractères les plus ordinaires des *Veprecella*, nous allons examiner ici les espèces qui, au contraire, seraient manifestement, pour tous les auteurs, des *Gravesia*. Et toutes ces espèces sont soit acaules, soit à tige courte, dressée ou rampante.

GRAVESIA acaules.

Ces *Gravesia* ont le plus souvent un rhizome plus ou moins court et plus ou moins épais, mais la partie dressée est uniquement constituée par des touffes de feuilles appliquées contre le sol, et d'où partent des inflorescences qui sont presque toujours des cymes ombelliformes pauciflores terminant un pédoncule de longueur variable.

De ce groupe font partie, parmi les espèces déjà connues, le *Gravesia bertolonioides* Naud. et le *Gravesia primuloides* Cogn.

Tous ces *Gravesia* ont des feuilles plus ou moins longuement pétiolées, légèrement dentelées et ciliées; le limbe a de 3 à 7 nervures principales, que réunissent des nervures transversales bien visibles, presque perpendiculaires, ou, tout au moins, peu obliques par rapport aux nervures principales. Entre les nervures transversales est, en outre, une nervation en réseau généralement bien nette. Le pétiole et les nervures principales portent toujours des poils ou des aiguillons, tantôt très espacés, tantôt plus denses; le limbe, en dehors des nervures, est glabre ou, plus rarement, parsemé de quelques aiguil-

lons, semblables alors à ceux de ces nervures. Les inflorescences, à fleurs souvent grandes, plus ou moins longuement pédonculées, et à pédoncule rarement glabre (*Gravesia mangorensis*), sont plus courtes ou plus longues que les feuilles. Les pédicelles floraux sont ordinairement plus fortement velus que le pédoncule principal. Il y a toujours, dans la fleur, un éperon staminal postérieur (1).

Parmi ces divers caractères, nous pouvons tout d'abord utiliser celui que nous fournit la longueur des inflorescences.

Ces inflorescences, en effet, sont plus courtes que les feuilles, ou, au plus, égales chez le *Gravesia albinervia* (pédoncule de 2 centimètres à peine), le *Gravesia masoalensis* (6 à 8 centimètres), le *Gravesia extenta* (11 centimètres) et le *Gravesia macrosepala* (7 à 9 centimètres).

Les inflorescences, au contraire, dépassent nettement, en général, les rosettes foliaires chez le *Gravesia mangorensis* (12 centimètres), le *Gravesia rosea* (10 à 12 centimètres), le *Gravesia malvacea* (15 centimètres) et le *Gravesia calliantha* (12 centimètres).

Les quatre espèces de la première catégorie (à laquelle appartiennent, parmi les espèces déjà connues, le *Gravesia bertolonioides* et le *Gravesia primuloides*) sont assez facilement distinguées entre elles par leurs feuilles, car ces feuilles ont un limbe :

très grand et hispide sur les deux faces chez le *Gravesia extenta;*

très grand encore (12 à 14 centimètres sur 10 à 12), mais glabre, sauf sur les nervures principales, chez le *Gravesia macrosepala ;*

plus petit (10 centimètres sur 5) et glabre, sauf sur les nervures principales, chez le *Gravesia masoalensis ;*

de même dimension à peu près, mais parsemé de quelques aiguillons, et avec, en outre, des nervures marquées de larges lignes blanches sur la face supérieure, chez le *Gravesia albinervia.*

(1) On constate, du moins, la présence de cet éperon dans toutes les espèces que nous étudions ici, mais nous ne voulons pas dire que cet éperon ne manque jamais chez les *Gravesia*. Cogniaux admet, au contraire, que les anthères sont sans appendice chez les *Gravesia pedunculata* Triana et chez son *Gravesia primuloides*. Nous-mêmes n'avons pu voir d'éperon dans une espèce que nous ne décrivons pas parce qu'elle n'est représentée dans notre herbier que par un mauvais spécimen, mais qui est certainement un *Gravesia*. C'est une plante herbacée et peu rameuse, de 50 à 60 centimètres de hauteur, à fleurs roses, et qui croît dans les bois humides et à basse altitude du Matitana. Elle se rapproche d'ailleurs un peu, notamment par la longueur de ses pétioles, du *Gravesia pedunculata ;* et, en tout cas, comme ce *Gravesia*, elle est à anthères inappendiculées.

Nos quatre espèces de la seconde catégorie peuvent être distinguées par des caractères analogues, car le limbe est :

presque orbiculaire (9 à 10 centimètres sur 9) et glabrescent, seulement cilié sur les bords, chez le *Gravesia calliantha* ;

ovale (8 centimètres sur 5 cm. 5), rouge, à nervures couvertes en-dessous de poils bruns, chez le *Gravesia malvacea* ;

sensiblement de même forme et de mêmes dimensions, et avec les mêmes poils sur les nervures, mais vert, chez le *Gravesia rosea* ;

plus petit (4 cm. 5 sur 2) oblong, tronqué et cordé à la base, obtus au sommet, à nervures encore velues sur la face inférieure, chez le *Gravesia mangorensis*.

Le *Gravesia albinervia*, si bien caractérisé par les lignes d'écailles blanchâtres qui, sur la face supérieure du limbe, recouvrent, en les débordant, les cinq nervures principales, est, sur la côte Est, une petite plante à tige grêle et très courte des bois humides de la rivière Simiana, vers 100 mètres d'altitude. Ces feuilles, appliquées contre le sol, ont un pétiole de 10 à 15 millimètres, parsemé de poils, presque perpendiculaire à l'axe. Le limbe est assez régulièrement ovale, quoique souvent un peu plus large dans la moitié inférieure, qui est à base atténuée mais souvent un peu cordée, que dans la moitié supérieure, où le sommet est étroit, mais un peu obtus. Il est légèrement denté et cilié sur les bords. Les nervures transversales sont presque perpendiculaires aux nervures principales ; le réseau, entre ces nervures transversales, est très peu apparent. L'inflorescence est une cyme capitellée de 4 ou 5 petites fleurs roses. Le calice est campanulé, glabre à 5 petites dents triangulaires obtuses ; les pétales sont ovales-aigus ; les 10 étamines ont un court éperon postérieur. L'ovaire est surmonté d'une collerette constituée par cinq lobes ciliés. Les graines sont droites, pyramidales, chagrinées.

Le *Gravesia masoalensis*, des bois de Masoala, vers 500 mètres d'altitude, a un limbe vert clair, avec nervures rouges, oblong (8 centimètres sur 3) ou ovale (8 centimètres sur 5), arrondi et cordé à la base, arrondi ou obtus au sommet. Il y a cinq nervures principales, avec, en outre, deux fines nervures marginales ; les nervures transversales sont presque perpendiculaires ou un peu obliques ascendantes ; la nervation réticulée est bien visible. Le pétiole 1 à 2 centimètres) est velu. L'axe de l'inflorescence est pubescent,

ainsi que les pédicelles floraux, qui, longs de 1 centimètre environ, forment une cyme ombelliforme à 5 ou 8 rayons. Les fleurs sont petites (7 millimètres de longueur), mauves. Le calice est urcéolé, parsemé de poils, à dents triangulaires; les cinq pétales sont obovales, à sommet arrondi, avec toutefois une petite pointe triangulaire un peu obtuse. Les dix étamines sont à filet et éperon bruns, et à anthères jaunes; le filet est parsemé de petits poils. L'ovaire est surmonté d'une cupule qui entoure la base du style. Les graines sont pyramidales, chagrinées.

Le *Gravesia macrosepala*, des bois du Tsaratanana, vers 1.500 mètres d'altitude, est à feuilles beaucoup plus grandes que celles des deux espèces précédentes. Le pétiole a de 2 cm, 5 à 5 centimètres et est couvert de poils rouges, tout comme la partie du rhizome sur laquelle il est inséré. Le limbe, vert sombre en-dessus et rouge sombre en-dessous, ou vert clair sur les deux faces, est largement ovale, de 12 à 14 centimètres sur 10 à 12, nettement cordé à la base, aigu au sommet, dentelé, avec des cils espacés sur les bords. Il y a 7 nervures principales, les latérales étant de plus en plus arquées vers le bord. Ces nervures ne portent que d'excessivement rares aiguillons sur la face inférieure. Les nervures transversales sont presque toujours perpendiculaires aux nervures principales, ou légèrement ascendantes-obliques. La nervation en réseau est très apparente. Le pédoncule principal de l'inflorescence est glabrescent; à son sommet, les pédicelles, plus velus, longs de 15 millimètres à peu près, forment une fausse ombelle de 3 à 5 fleurs roses ou blanches. Le calice est campanulé (5 millimètres de largeur et 2 mm, 5 de hauteur), velu, surmonté de cinq grands lobes foliacés, largement oblongs, arrondis au sommet, de 9 millimètres sur 5, à poils beaucoup plus rares que dans la partie soudée. Les cinq pétales sont ovales, aigus, arrondis au-dessous de la pointe terminale, et ont 9 millimètres sur 6. Les étamines, hérissées de très courts poils, présentent à la base postérieure de l'anthère un court bourrelet redressé, large, vaguement lobé. Le style, de 7 millimètres, est cylindrique.

Le *Gravesia extenta*, des rocailles humides des environs de la baie d'Antongil, vers 400 mètres d'altitude, est encore une espèce à grandes feuilles, mais bien distincte à tous égards du *Gravesia masoalensis*, par son limbe très hispide et par ses très grandes fleurs.

Celles-ci sont mauves lorsqu'elles sont fraîches, jaunâtres lorsqu'elles sont sèches.

Les feuilles, appliquées contre le sol, et partant d'un rhizome épais et tortueux, ont un pétiole de 3 à 5 centimètres, couvert de longs poils blancs assez denses; et ce sont ces mêmes poils qui parsèment les deux faces du limbe. Celui-ci est oblong (14 centimètres sur 8), ou ovale-arrondi (14 centimètres sur 13), un peu cordé à la base, vaguement et irrégulièrement dentelé sur les bords, sur lesquels les mêmes poils que ceux des deux faces forment une ligne touffue de cils. Il y a 5 à 7 nervures principales, qui relient des nervures transversales un peu sinueuses, presque perpendiculaires ou légèrement obliques-ascendantes; la nervation réticulée est visible.

Le pédoncule principal de l'inflorescence porte des poils rougeâtres espacés; sur les pédicelles, qui ont de 1 cm, 5 à 2 centimètres et forment une ombelle de 3 à 6 rayons un peu inégaux de grandes fleurs mauves, ces poils rougeâtres sont plus denses. Le calice est campanulé, couvert d'aiguillons, ainsi que ses cinq divisions, qui sont cinq longs lobes triangulaires, étroits, ciliolés. Pour un calice dont la partie soudée a 5 millimètres de hauteur, ces lobes ont jusqu'à 8 millimètres. Les cinq pétales sont oblongs, de 12 millimètres sur 6, à sommet arrondi, mais avec une extrémité triangulaire aiguë. Les dix étamines ont, comme appendice postérieur, une sorte de bourrelet obtus, redressé. Filet et anthère sont couverts de très courts poils blanchâtres. L'ovaire est surmonté d'une cupule à cinq lobes, de 2 millimètres de hauteur, à bord inférieur tronqué et crinelé.

Le *Gravesia calliantha,* qui croît à 1.200 mètres, sur les rocailles humides et gneissiques du Tandroka, dans le massif d'Andringitra, est aussi une espèce à grandes fleurs, mais dont les feuilles sont beaucoup plus petites que celles des deux précédentes.

Ces feuilles assez longuement pétiolées (4 à 5 centimètres) sont à limbe presque orbiculaire (9 à 10 centimètres sur 7 centimètres), arrondies au sommet, coudées à la base, un peu denticulées et ciliolées sur les bords, glabres ou glabrescentes sur les deux faces. Le pétiole porte sur ses bords de fins aiguillons assez longs, espacés. Il y a sept nervures principales, reliées par des nervures transversales presque perpendiculaires ou un peu ascendantes. Le pédoncule

principal de l'inflorescence (13 millimètres) porte quelques poils, qui deviennent plus abondants et touffus sur les pédicelles. Ceux-ci (un centimètre environ) sont terminés chacun par une grande fleur d'un beau mauve, de nuance très délicate. Ces fleurs, au nombre de 3 à 5 par inflorescence, ne sont plus ici en cyme ombelliforme. La cyme, beaucoup plus lâche, simule plutôt une grappe, car deux pédicelles opposés sont déjà nettement au-dessous de la fleur terminale, puis, plus bas encore (2 centimètres), sont les deux autres pédicelles, également opposés. Le calice est campanulé, velu, à cinq petites dents (5 millimètres). Les cinq lobes corollaires sont ovales, larges à la base, très obtus, un peu arrondis au sommet, et ont 15 millimètres sur 7. Les dix étamines ont un éperon postérieur court et conique, obtus. Le style, entouré à la base par la collerette ordinaire, à cinq lobes tronqués, dépasse un peu les anthères ; il est presque cylindrique, quoique un peu plus large dans son tiers supérieur que dans ses deux tiers inférieurs.

A l'inverse de ce *Gravesia calliantha*, le *Gravesia mangorensis*, qu'on trouve sur la latérite et su les gneiss, à 1.400 mètres d'altitude, dans les bois de la forêt d'Andasibé, est à très petites feuilles, car le limbe, qui termine un long pétiole grêle de 3 à 4 centimètres, et qui est oblong, un peu aigu au sommet, tronqué ou cordé à la base, n'a que 4 cm. 5 de longueur sur 2 cm. 2 à 2 cm. de largeur. Ce limbe est étalé sur le sol. Le pétiole, les cinq nervures principales et les autres petites nervures de la face inférieure portent de longs poils, peu touffus sur les jeunes feuilles, de plus en plus rares sur les feuilles plus âgées. Le reste du limbe est glabre. Le bord est denté, avec quelques cils. L'axe de l'inflorescence (12 à 15 centimètres) est glabrescent et se termine par deux grandes fleurs roses, dont les pédicelles propres (un peu moins de 1 centimètre) sont velus. Le calice est campanulé, velu, avec cinq dents triangulaires aiguës. Les cinq pétales sont ovales oblongs, aigus au sommet, de 18 millimètres sur 7. Les dix étamines ont un très court éperon postérieur épais et obtus, un peu redressé. Le style est cylindrique, épais, avec un stigmate discoïde.

Nos deux dernières espèces offrent entre elles une très grande ressemblance, mais l'une, que nous nommerons le *Gravesia malvacea*, est à feuilles rouges, et l'autre, le *Gravesia rosea*, est à feuilles vertes. Le pétiole est aussi généralement plus court chez le *Gravesia*

malvacea (1 cm. 5 à 3 centimètres) que chez le *Gravesia rosea* (3 à 6 centimètres). Mais, dans les deux cas, ce pétiole est velu, ainsi que les nervures de la face inférieure ; et le reste du limbe est glabre. Ce limbe est ovale ou ovale-arrondi (8 cm. 5 sur 5 cm. 5 dans les deux espèces), et ses bords sont un peu sinueux plutôt que vraiment dentelés, à cils rares (surtout chez le *Gravesia malvacea*). Il y a généralement sept nervures principales, y compris les fines nervures marginales, chez le *Gravesia rosea ;* il y en a plus souvent cinq chez le *Gravesia malvacea.*

Le pédoncule floral (14 à 15 centimètres) est légèrement velu chez les deux espèces ; dans les deux aussi, les pédicelles ont un revêtement un peu plus dense et sont groupés en cymes ombelliformes de 3 à 6 fleurs de grandeur moyenne.

Chez le *Gravesia malvacea*, le calice est urcéolé, velu, avec cinq dents très basses et arrondies ; les pétales sont ovales (5 millimètres), aigus, mauves ; les 10 étamines ont un petit éperon conique aigu, descendant.

Chez le *Gravesia rosea* le calice est aussi urcéolé, velu, mais avec cinq dents triangulaires aiguës. Les pétales sont roses, obovales, à sommet arrondi, mais avec une petite pointe terminale ; ils ont 8 à 9 millimètres sur 5. Les 10 étamines ont un court éperon postérieur conique. Le style, entouré à la base par une collerette à 5 lobes tronqués, a 5 millimètres.

Le *Gravesia malvacea* est une espèce des rocailles de la forêt d'Andasibé, à mille mètres d'altitude ; le *Gravesia rosea* appartient aux bois de Masoala, vers 300 mètres.

GRAVESIA à tiges courtes.

Les *Gravesia* de cette seconde catégorie ne sont plus à feuilles plus ou moins appliquées contre le sol. La tige, tout en restant encore assez courte, s'allonge cependant assez, soit qu'elle se dresse, soit qu'elle reste couchée, pour que les feuilles qu'elle porte s'espacent à des niveaux différents. Ces feuilles sont généralement ovales, étroites.

La tige est dressée chez le *Gravesia pusilla*, le *Gravesia macrantha* et le *Gravesia velutina.*

Elle est plus ou moins couchée chez le *Gravesia distantinervia*, le *Gravesia torrentum* et le *Gravesia onivensis.*

Ce *Gravesia onivensis,* des bois de la forêt d'Andasibé, vers 1400 mètres d'altitude, est une petite plante qui, avec sa tige grêle de 15 à 20 centimètres de longueur, plus ou moins traînante et radicante dans sa partie inférieure, avec ses feuilles étroites, a bien le port de certains autres *Gravesia.* Les feuilles sont à peine plus grandes que celles du *Gravesia pusilla ;* elles sont seulement plus allongées et plus étroites. Le pétiole est grêle, pubérulent, long de 1 centimètre environ ; le limbe, trinerve et ovale, de 4 centimètres, par exemple, sur 10 à 12 millimètres, aigu aux deux extrémités, surtout vers le sommet, porte d'assez nombreux aiguillons sur les deux faces, et aussi sur les bords qui sont, en outre, ciliés. Ces bords sont, en même temps, vaguement dentés. Les tiges peuvent être ramifiées, et semblent l'être surtout lorsqu'elles sont couchées. Leurs parties jeunes sont couvertes de nombreux poils rougeâtres.

Ce sont bien là les caractères ordinaires des *Gravesia,* et les inflorescences accentuent encore la ressemblance avec les autres espèces du genre, car ce sont de petites cymes terminales, capitellées et sessiles, composées chacune de 3 ou 4 fleurs roses. Mais ces fleurs, avons-nous dit, sont tétramères. Le calice urcéolé, velu, est, en effet, surmonté de quatre petites dents triangulaires étroites ; puis il y a également quatre pétales, qui sont ovales, oblongs, aigus, de 4 mm. 5 sur 2 millimètres ; et les étamines, à éperon postérieur grêle et court, cylindrique, obtus, sont au nombre de 8. Enfin l'ovaire, à quatre loges, est surmonté d'une couronne à quatre lobes, d'où émerge un style de 4 millimètres.

Évidemment cette tétramérie peut tout d'abord déconcerter, car on sait que le genre a toujours été considéré jusqu'alors comme invariablement pentamère ; et Cogniaux, dans le tableau générique qu'il donne des Sonérilées, tient grand compte du nombre des pièces florales, puisqu'il sépare immédiatement en deux groupes les genres de la tribu qui sont à fleurs trimères ou tétramères et ceux qui sont à fleurs pentamères. Cependant il faut remarquer aussi, d'autre part, qu'on n'hésite pas à réunir sous le seul nom générique de *Medinilla* des espèces qui, comme tous nos *Medinilla* malgaches, ont des verticilles de quatre pièces et d'autres chez lesquelles, comme dans le *Medinilla robusta* de Bornéo et le *Medinilla septuplinervia* de Sumatra, les verticilles sont à cinq pièces. Mais c'est la similitude d'aspect, ainsi surtout que certains caractères tels que

la structure staminale, qui ont fait n'admettre malgré tout, qu'un seul genre. Ce sont des raisons du même ordre qui, à notre avis, justifient que, malgré la grande particularité qu'il présente, nous fassions rentrer dans le genre *Gravesia* cette espèce d'Andasibé que nous avons nommée le *Gravesia onivensis*.

C'est, au reste, la seule exception que nous croyons pouvoir citer de façon certaine pour l'instant, car les autres *Gravesia* plus haut mentionnés redeviennent pentamères.

Le *Gravesia pusilla* Cog., qui est une espèce des rocailles humides de la côte Est, est une toute petite plante grêle, de 3 centimètres environ de hauteur. La tige, qui reste simple, est couverte d'une pubérulence rougeâtre. Les trois ou quatre petites feuilles qu'elle porte ont un pétiole filiforme, également pubérulent, de 1 centimètre environ. Le limbe, mince, complètement glabre sur la face inférieure, est parsemé supérieurement de très rares aiguillons; il est ovale, de 15 à 30 millimètres sur 6 à 15, anguleux aux deux extrémités, parfois, mais non pas toujours, plus rétréci vers la base que vers le sommet. Il y a trois nervures principales, avec des nervures transversales peu apparentes.

L'inflorescence, terminale ou, plus rarement, axillaire, est une petite cyme de 1 à 3 fleurs roses, très brièvement pédicellées. Le calice, pubérulent, est urcéolé et à cinq dents triangulaires aiguës, terminées par quelques aiguillons; il est marqué de dix côtes longitudinales arrondies, qui deviennent surtout visibles quand la fleur se fane et que l'ovaire mûrit. Les pétales sont ovales-aigus, de 5 millimètres environ de longueur. Les dix étamines, à longs filets, ont un petit éperon postérieur conique aigu, au-dessous de l'anthère. L'ovaire est surmonté d'une cupule à cinq lobes tronqués supérieurement, d'où émerge le style.

Toute cette description corespond sensiblement à celle que donne Cogniaux pour un échantillon de l'herbier Delessert qu'il a nommé *Gravesia pusilla*. Cogniaux dit bien que le calice de son espèce est glabre et que les fleurs sont isolées, mais nous possédons des spécimens où les fleurs sont, en effet, solitaires et où la pubérulence du calice est très faible ou même disparaît. C'est pourquoi nous admettons, quoique nous n'ayons pas vu la plante récoltée par Goudot, qu'il s'agit bien d'une seule et même espèce. Sur la côte

Est, où nous avons dit qu'elle croît dans les rocailles humides, l'un de nous l'a récoltée vers 100 mètres d'altitude.

A feuilles beaucoup plus grandes est une autre espèce, le *Gravesia macrantha*, qu'on trouve, celle-là, près des vieux troncs, vers 500 mètres d'altitude, dans les bois des environs de la baie d'Antongil. Cette espèce est aussi remarquable par la grandeur de ses fleurs rose foncé, dont les pétales (à l'état sec) ont de 18 à 20 millimètres de longueur. La tige a 7 ou 8 centimètres de longueur avec de longs aiguillons aux nœuds. Les feuilles ont un long pétiole grêle (3 centimètr.) parsemé des mêmes aiguillons. Le limbe est lancéolé, anguleux à la base, aigu au sommet, de 8 centimètres sur 2, denticulé sur les bords, chaque dent se terminant par un aiguillon ; il porte de rares aiguillons analogues sur la face supérieure et est glabre sur la face inférieure. Les trois nervures principales sont reliées par des nervures transversales bien nettes, qui leur sont à peu près perpendiculaires. L'inflorescence est terminale, et son long pédoncule principal (7 à 8 centimètres), qui porte épars les mêmes aiguillons que précédemment, se termine par 2 ou 3 fleurs à pédicelles très velus. Le calice, campanulé (4 mm. de hauteur), est également velu, à cinq longues dents triangulaires étroites (4 mm). Les pétales, dont nous avons dit les dimensions, sont ovales, aigus, non ciliolés. Les anthères ont un court et large talon très arrondi. Le style, entouré à la base par la cupule ordinaire, à cinq lobes tronqués, est cylindrique.

Chez l'espèce que nous nommerons *Gravesia distantinervia* la tige a une quinzaine de centimètres, mais est couchée et radicante sur une plus ou moins grande longueur. Cette tige est glabre ; les pétioles seuls (5 à 20 millimètres) sont hirsutes. Le limbe est entièrement glabre ; il est lancéolé (8 à 10 centimètres sur 25 millimètres) rétréci vers les deux extrémités, mais seulement subaigu au sommet. Les trois nervures principales sont reliées par quelques nervures transversales très espacées, entre lesquelles la nervation tertiaire est invisible.

Les inflorescences sont des cymes capitellées de 6 à 8 fleurs, mauves ou rouges, portées sur un axe principal très court (5 millimètres) et glabre. Le calice est globuleux, glabre, à cinq côtes, avec cinq très courts lobes étroits, obtus, munis de longs poils. Les cinq pétales sont ovales, aigus, de 5 à 6 millimètres sur 4 à 5. Les dix

étamines ont un court éperon obtus. Le style, qui émerge du centre de la collerette ordinaire, a 7 centimètres environ et est à stigmate ponctiforme. L'espèce a été récoltée par l'un de nous dans les bois des environs de la baie d'Antongil.

De la même région, mais vers 400 mètres d'altitude, et sur les bords des torrents, est le *Gravesia* que nous nommerons *Gravesia torrentum*, voisin du *Gravesia Rutenbergiana* Bail. Sa tige rampante émet des ramifications qui peuvent être elles-mêmes radicantes et ont de 6 à 10 centimètres de longueur. Ces ramifications sont pubérulentes dans leurs parties jeunes. Les feuilles ont un pétiole de 10 à 15 millimètres, velu, mais ici encore le limbe est glabre, ou, tout au moins, glabrescent. Il n'y a que quelques poils sur les nervures principales de la face inférieure. Ces nervures sont au nombre de 5, les deux marginales étant beaucoup plus fines. Le limbe, oblong, de 5 à 9 centimètres sur 2 à 3, est très légèrement denticulé sur les bords, aigu ou un peu obtus au sommet, légèrement arrondi et subcordé à la base. Les nervures transversales sont moins espacées que dans l'espèce précédente. L'axe floral principal, grêle et glabre, de 4 centimètres environ, se termine par 2 ou 3 fleurs rouges sessiles. Le calice est légèrement pubérulent, avec cinq dents triangulaires ; les pétales sont ovales aigus ; les dix anthères ont un talon postérieur large et court.

La tige n'est plus couchée, mais est nettement droite, et de 7 centimètres environ de hauteur, dans le *Gravesia velutina* des bois de la rivière Anove, vers 200 mètres d'altitude sur la côte Est. Cette espèce est, du reste, bien distincte de toutes les autres que nous citons ici par les très nombreux poils qui recouvrent toutes ses parties, tige, pétiole, limbe et inflorescence. Les pétales seuls sont glabres. Les feuilles sont très brièvement (5 à 8 millimètres) pétiolées ; le limbe, à trois nervures, est oblong (7 à 8 centimètres sur 15 à 18 millimètres), aigu ou un peu obtus au sommet, un peu arrondi à la base, qui est subcordée, légèrement denté sur les bords. Entre les nervures transversales la nervation tertiaire est assez visible sur la face inférieure. L'inflorescence se compose de deux fleurs pédicellées, au sommet d'un axe commun, de 2 centimètres environ. Le calice, velu, est campanulé, avec cinq dents triangulaires basses. Les pétales (8 à 9 millimètres de longueur), roses, sont ovales, aigus ou un peu obtus. Les dix étamines ont un petit éperon conique aigu.

Conclusions.

En définitive, sans vouloir rien préjuger encore sur le rapprochement plus ou moins étroit qu'il conviendra d'établir entre les *Gravesia* et les *Veprecella*, il ressort tout au moins de l'étude précédente qu'il est un certain nombre de ces plantes — celles que nous venons de décrire, et aussi la plupart sans doute des espèces ordinairement considérées comme *Gravesia* — qui constituent un groupe assez net, bien caractérisé par le port général et par certains détails de la structure florale. Toutes ces plantes, le plus souvent herbacées, sont acaules ou subacaules (*Gr. bertolonioides* Naud. ; *Gr. primuloides* Cogn. ; *Gr. albinervia* ; *Gr. masoalensis* ; *Gr. extenta* ; *Gr. macrosepala* ; *Gr. mangorensis* ; *Gr. rosea* ; *Gr. malvacea* ; *Gr. calliantha*) ou à tige peu élevée, soit dressée (*Gr. pusilla* Cogn ; *Gr. macrantha* ; *Gr. velutina*), soit traînante (*Gr. torrentum* ; *Gr. distantinervia* ; *Gr. onivensis*).

Nous examinerons prochainement, dans un autre mémoire, si les espèces que nous possédons encore en collection, et qui, par l'aspect, se rattachent plutôt au type *Veprecella*, forment un autre groupement bien distinct de celui-ci, ou si, au contraire, elles y sont reliées par des formes intermédiaires telles que, comme l'a pensé Baillon, il ne puisse y avoir de ligne précise de démarcation.

Nous aurons également à rechercher si nous ne retrouverions pas dans ce groupe *Veprecella* des espèces tétramères comme nous venons d'en signaler une parmi les *Gravesia*. Car c'est là un fait nouveau qu'il importe de retenir dès maintenant : le genre *Gravesia* chez lequel la pentamèrie semblait la règle constante, peut, tout comme le genre *Medinilla*, présenter la tétramèrie ou la pentamèrie. Tandis toutefois que les *Medinilla* sont plutôt typiquement tétramères et exceptionnellement pentamères, c'est l'inverse, au point de vue de la fréquence, pour les *Gravesia*.

DE L'ASSIMILATION DE L'AZOTE DE L'AIR

ET DE

LA RÉACTION DES MATIÈRES ALBUMINOIDES CONTENUES DANS LES POILS « SPÉCIALISÉS » DES PLANTES CULTIVÉES DANS L'OXYGÈNE EN L'ABSENCE D'AZOTE

par M. François KÖVESSI

Professeur de Botanique
à l'École supérieure des Mines et des Forêts
de Selmeczbànya (Hongrie)

L'utilisation de l'azote libre de l'air par les plantes, étant un problème intéressant tant au point de vue théoriqne que pratique, les chercheurs se sont appliqués depuis plus de cent quarante ans à éclairer la question. Le premier chercheur qui ait pensé à l'utilisation de l'azote atmosphérique fut Priestley qui, en 1771, a soutenu qu'il existait certaines plantes capables d'absorber l'azote libre de l'air et de l'utiliser pour leur nourriture.

Ingenhousz fut du même avis, et a même soutenu que toutes les plantes sont capables d'opérer cette même fixation de l'azote. Le premier qui ait douté de la justesse générale de ces assertions fut Th. de Saussure (1804), car au moyen de plantes mises en expérience, il n'a pas réussi à démontrer l'absorption de l'azote. Depuis cette première contradiction, il s'est fait des recherches assidues dans les laboratoires, et de vives polémiques se sont engagées sur ce sujet.

J'ai rappelé dans un autre Mémoire (1) la partie historique de

(1) *Revue générale de Botanique*. Tome XXVI. 1914, pages 22 et 106.

la question, j'exposerai ici seulement d'une manière brève l'état actuel de cette question.

Certaines bactéries du sol, ainsi que les bacilles et les champignons vivant sur les racines des plantes supérieures, sont les agents qui, soit vivant en symbiose, soit indépendants, sont aptes à fixer l'azote libre de l'air. Au contraire, les plantes supérieures sont incapables de fixer l'azote libre sans le concours des microorganismes.

Le chercheur écossais Jamieson a soutenu une opinion différente. Dans ses articles parus en 1905/1906, il a présenté une théorie nouvelle absolument opposée à la théorie admise. En émettant cette nouvelle opinion, il réfute entièrement la découverte de Berthelot relative à la fixation de l'azote libre de l'air par les bactéries ; ainsi que celles d'Hellriegel et d'autres chercheurs, d'après lesquelles les Légumineuses seraient capables d'assimiler l'azote atmosphérique grâce à la symbiose qui existe entre elles et les bacilles. Au contraire, d'après lui, *la plante est capable d'opérer cette assimilation directement et seule par les poils nommés* « *poils spécialisés* » ou « *producteurs d'albumine.* »

A la suite de Jamieson, deux autres chercheurs, Zemplén Géza et Roth Gyula (1) se sont occupés aussi de la question ; ils ont appliqué la méthode de Jamieson à l'étude des arbres forestiers, sont arrivés aux mêmes résultats, et en ont tiré des conclusions identiques : « *Nous sommes persuadés,* disaient-ils, *que... c'est la théorie de Jamieson qui va l'emporter ; car ce sont évidemment les poils et les massues en question qui produisent l'albumine des plantes, et ce sont ces organes qui font profiter les plantes de l'immense quantité d'azote se trouvant dans l'air* (2) ».

Pour éclaircir la question, j'ai fait plusieurs expériences, dont j'ai publié les résultats, ce qui a provoqué une longue polémique entre les auteurs précédents et moi. Comme j'en ai publié le résumé (3) dans la *Revue générale de Botanique,* il me semble inutile d'y revenir.

(1) Th. Jamieson : Utilisation of nitrogen in air by plants *(Agricultural Researsh Association,* Glastemberry, Milltimber by Aberdeen, 1905, p. 81). — *(Annales de la Science agronomique française et étrangère,* 3ᵉ série 1906. I. fasc. I, p. 61-132. Suite ; *Ann. Sci. agr. fr. et étr.* 1907. f. I. p. 146).

(2) Erdészesi kisérletck. Selmeczbánya. 1908, X. éofolyam. 1, 2.

(3) *Revue générale de Botanique,* T. XXVI, 1914, pages 22-106.

Il résulte des expériences que j'ai entreprises sur cette question que :

1). *Les poils des plantes cultivées, soit à l'air libre, soit dans des milieux privés d'azote, se développent exactement de la même manière ; il en est de même des poils spécialisés étudiés par MM. Jamieson, Zemplén et Roth.*

2). *Les poils pris sur des organes de même âge et également développés produisent dans les deux cas, avec un réactif des albuminoïdes* (solution d'iode et iodure de potassium) *des résultats semblables.*

3). *L'expérience démontre donc d'une manière évidente que l'azote des substances albuminoïdes décélé par ces réactions, ne vient pas de l'azote de l'air* (1).

Comme les poils des plantes élevées dans un milieu privé d'azote, ont réagi en présence de l'iode, de même que les poils des plantes élevées à l'air libre, prises au même âge et au même degré de développement, il nous faut supposer que l'albumine contenue, soit dans les cellules ordinaires, soit dans les cellules des massues, est le résultat d'un processus de multiplication des cellules, c'est-à-dire qu'elle y est venue des tissus déjà formés et n'est pas le résultat de l'assimilation de l'azote atmosphérique.

* * *

Au mois d'octobre de l'année 1912, j'ai passé quelques semaines à Paris et j'ai visité plusieurs fois l'ancien lieu de mes études, le laboratoire de botanique de la Sorbonne, où j'ai eu l'occasion, à plusieurs reprises, de causer avec mon cher maître, M. Gaston Bonnier, ainsi qu'avec plusieurs physiologistes de ce laboratoire, MM. Molliard, L. Dufour et R. Combes, de ce qu'il existe d'insoutenable dans la théorie de Jamieson. C'est à cette occasion qu'est née l'objection invraisemblable, mais possible quand même, que la réaction fournie par l'iode, en présence de l'iodure de potassium, n'est peut-être pas celle de l'albumine contenue dans les massues, mais la réaction d'un autre produit qui, avec l'iode, peut donner une coloration jaune-brunâtre, analogue à la réaction causée par l'albu-

(1) F. Kövessi : Sur la prétendue utilisation de l'azote de l'air par certains poils spéciaux de plantes. *(Comptes-rendus,* 1909, juil. 5. T. CXLIX, p. 52).

—. Nouvelles recherches sur la prétendue utilisation de l'azote de l'air par certains poils spéciaux des plantes. *(Comptes-rendus,* 1911. T. CLII).

mine. En ce cas l'expérience en question, malgré sa grande précision, aurait pu faire naître de fausses conclusions (1).

A. de Wèvre, qui a étudié à fond la technique microscopique des albuminoïdes dit que, d'après ses expériences, il ne suffit pas d'établir la réaction de l'albumine à l'aide d'un ou deux réactifs, mais qu'au contraire, il est nécessaire d'en employer plusieurs, chacun de la manière convenable, de sorte que les réactions observées soient indubitables (p. 145).

Il est donc nécessaire de faire coaguler l'albumine et d'extraire toutes les matières qui produisent des réactions semblables, afin qu'elles ne puissent pas troubler la réaction de l'albumine.

D'après de Wèvre c'est l'*alcool* qui, parmi tous les réactifs coagulateurs de l'albumine, est le plus usité ; c'est aussi celui qui mérite le plus de l'être, car c'est lui qui donne les meilleurs résultats. Dans l'étude des albuminoïdes, le mieux est de se servir d'alcool absolu, car il y a des albuminoïdes qui se dissolvent dans l'alcool dilué et en outre l'alcool absolu a encore l'avantage de produire la coagulation parfaite et immédiate de l'albumine (p. 130).

Il faut plonger complètement dans l'alcool la partie végétale à examiner et l'y laisser 2-3 jours (p. 131).

L'alcool dissout un grand nombre de matières contenues dans les tissus : de la résine, de l'acide tannique, des huiles essentielles, de la chlorophylle, de la phloroglucine, quelques autres matières colorantes, quelques graisses, des alcaloïdes, etc. Pour la dissolution complète des alcaloïdes, on ajoute à l'alcool de l'acide tartrique dans la proportion de 5 °/₀ (p. 131).

Outre les albuminoïdes, les cellules contiennent plusieurs matières que l'alcool ne dissout pas, mais qu'il précipite. Ainsi les diastases, les gommes, les matières pectiques, les mucilages, les hydrates de carbone, l'asparagine, quelques graisses, les acides organiques, l'hespéridine, l'inuline, etc.

Pour éloigner les graisses, les huiles et la cire des tissus, il faut faire bouillir la partie végétale dans de l'alcool absolu, ou la faire tremper dans de l'éther ou du chloroforme (p. 131).

Pour finir la purification des tissus, après ébullition dans l'alcool, il faut encore tremper la matière d'examen dans de l'eau bouillante,

(1) L. Errera : *Recueil de l'Institut Botanique.* Tome II, pp. 123-146. — A. de Wèvre, Recherches sur la technique microscopique des albuminoïdes.

pour dissoudre les composés pectiques solubles, la gomme, une partie des hydrates de carbone et les diastases, etc. (p. 131).

De la sorte, l'albumine restant pourra être décelée dans le tissu à l'aide de réactifs convenables.

De Wèvre a remarqué que, pour démontrer la présence d'albumine, les réactifs les plus sensibles sont les suivants (dans l'ordre de leur sensibilité) (p. 145) :

a). la solution d'iode en présence d'iodure de potassium ;

b). la solution aqueuse d'éosine ;

c). le réactif de Millon ;

d). la réaction à l'acide picrique ; la réaction à l'acide phosphomolybdique et la réaction de Guesda ;

e). la réaction du biuret ;

f). la réaction de Reichl et Mikosch.

D'après de Wèvre, « lorsque tous ces réactifs donnent des résultats positifs, après que les coupes ont subi le traitement successif par l'eau et par l'alcool bouillant, on peut hardiment conclure à la présence de substances protéïques » (p. 145).

En présence de ces faits, j'ai décidé de renouveler mes expériences pour éclaircir la justesse de la réaction des albuminoïdes :

La disposition et la marche de ces expériences étaient complètement analogues à celles des anciennes. L'appareil servant à élever des plantes était tout à fait le même que précédemment. Le maniement des substances et des instruments nécessaires à l'expérience était absolument identique, de sorte qu'il me semble inutile de revenir sur la description de ces détails. La seule différence commence à l'emploi de la substance réagissante. Elle consiste en ce qu'au lieu d'employer l'iodure de potassium pour produire la réaction recherchée dans les poils végétaux, *c'est de l'alcool absolu* que j'ai fait agir sur les plantes renfermées dans l'appareil.

Pour purifier l'alcool de l'air qu'il pouvait avoir absorbé, j'ai usé des précautions déjà décrites au sujet de l'emploi de l'iode. L'introduction de l'alcool à l'intérieur de l'appareil et le contrôle spectroscopique de l'atmosphère de l'appareil, après la fin de la réaction, étaient identiques.

Au bout de 2 ou 3 heures, j'ai enlevé de l'appareil les plantes fixées par l'alcool absolu, je les ai replacées dans de l'alcool absolu et elles

y sont restées jusqu'à ce que j'eusse fini les réactions et les examens microscopiques.

Les sujets d'expériences étaient, ainsi qu'auparavant, des boutures bien aoûtées âgées d'un an, et longues de 10 à 15 cm., de *Ribes Grossularia,* de *Robinia Pseudoacacia, Robinia hispida,* etc.

Avant de procéder à la réaction, d'après les conseils de M. de Wèvre, j'ai employé la préparation préliminaire suivante :

a). J'ai fait bouillir pendant 2-3 heures, dans une solution à 5 °/₀ d'acide tartrique alcoolisé, les pousses élevées dans l'atmosphère privée d'azote et de même celles élevées à l'air libre, qui ont séjourné pendant 2-8 semaines dans de l'alcool froid.

b). Pour éloigner complètement l'acide tartrique, je les ai fait bouillir pendant 2-3 heures dans de l'alcool absolu ;

c). Je les ai fait tremper pendant 2-3 heures dans de l'éther concentré.

d). Je les ai mises pour 2-3 heures dans de l'alcool absolu froid.

e). Je les ai fait bouillir pendant 2-3 heures dans de l'eau distillée.

C'est seulement après cette manipulation, que j'ai procédé aux réactions.

La brève description du mode d'emploi des réactifs et les résultats obtenus sont les suivants :

1° Solution aqueuse d'iodure de potassium iodée

La solution aqueuse d'iodure de potassium iodée produit un précipité jaune-brunâtre avec l'albumine.

Pour accomplir la réaction, j'ai employé deux espèces de solutions, dont l'une était identique à celle employée lors de mes expériences précédentes, c'est-à-dire que j'ai dissous 0gr 15 d'iodure de potassium et 1 gr. d'iode dans 100 cm³ d'eau distillée ; et l'autre, recommandée par de Wèvre, diffère de la précédente en ce que pour la même quantité d'eau, j'ai pris 3 gr. d'iodure de potassium et 1 gr. d'iode.

Après avoir fait subir à la coupe les manipulations préliminaires, on la place sur la lame porte-objet et on y laisse tomber une goutte du réactif, ce qui provoque instantanément la naissance de la réaction, de sorte que la préparation est de suite examinable au microscope.

J'ai obtenu la réaction caractéristique brunâtre tant avec les

massues des plantes élevées à l'air libre, qu'avec celles élevées dans l'oxygène privé d'azote, en employant soit l'un, soit l'autre réactif, et cette réaction était en tout point identique à la réaction obtenue lors de mes expériences précédentes. Cela confirme donc l'exactitude du résultat de mes expériences précédentes; mon opinion qui en dérive se trouve ainsi pleinement justifiée.

D'après M. de Wèvre si, après la manipulation préliminaire, la coloration brunâtre se produit au contact de l'iode, la présence de l'albumine est presque certaine et c'est *seulement pour plus de sûreté* qu'il est bon de contrôler encore avec d'autres réactifs.

Si la solution iodée d'iodure de potassium n'avait produit qu'une faible coloration jaune-clair, alors l'albumine serait présente en si petite quantité que les autres réactifs, étant moins sensibles, donneraient un résultat négatif. Mais, comme la réaction a produit une coloration d'un brun très foncé, on pouvait compter certainement sur ce que les autres réactifs donneraient aussi de fortes réactions.

2° Solution aqueuse d'éosine

La solution aqueuse d'éosine est un réactif de l'albumine très sensible.

Pour produire la réaction j'ai employé une faible solution aqueuse d'éosine, et j'y ai fait tremper les coupes 1 ou 2 heures, selon la densité de la solution; ensuite après avoir éloigné l'éosine en excès, j'ai placé ces coupes dans la glycérine.

Après 1 ou 2 heures, la réaction est devenue très marquée. L'éosine colore fortement l'albumine en rouge.

Le résultat de l'examen est le suivant : les massues des pousses élevées dans de l'oxygène privé d'azote, ainsi que celles des pousses élevées à l'air libre ont produit d'une manière absolument identique, la coloration rouge caractéristique des albuminoïdes.

3° Réactif de Millon

C'est un réactif microchimique des plus connus, dont M. de Wèvre dit cependant qu'il ne faut l'employer qu'avec grande précaution, car dans les cellules des plantes il y a un grand nombre de substances qui donnent avec lui, comme les albuminoïdes, un précipité rouge-brique. Ainsi donc, l'usage de la manipulation préliminaire décrite plus haut est indispensable.

J'ai préparé fraîchement le réactif de Millon, en faisant dissoudre 1 cm^3 de mercure dans 9 cm^3 d'acide nitrique fumant et en diluant le tout dans 10 cm^3 d'eau distillée.

J'ai employé le réactif Millon d'après l'usage général, c'est-à-dire qu'après avoir posé la coupe végétale sur le porte-objet, je l'ai recouverte d'une goutte de réactif et ensuite j'ai placé sur la préparation une lamelle et j'ai faiblement chauffé le tout.

L'effet produit par le réactif de Millon était le même sur les massues des plantes élevées dans de l'oxygène privé d'azote et sur celles des plantes élevées à l'air libre. Dans les deux cas, la coloration caractéristique rouge-brique dénonça la présence de l'albumine.

4° Réaction a l'acide picrique

J'ai placé la coupe dans la solution concentrée et aqueuse d'acide picrique. Pour que l'acide picrique puisse se mieux dissoudre dans l'eau, j'y ai ajouté à peu près 1/5 — 1/10 d'alcool. Après 1-2 heures, j'ai monté les coupes à la glycérine.

L'acide picrique n'est pas un des réactifs les plus sensibles des albuminoïdes et, quand même, les poils et les massues des pousses élevées dans de l'oxygène privé d'azote ont produit la même réaction jaune caractéristique des albuminoïdes, que celle des pousses élevées à l'air libre. On peut donc en conclure que la quantité d'albumine était assez élevée dans les poils de toutes ces pousses.

5° Réaction xanthoprotéique

Pour produire la réaction, j'ai pris 3 parties d'acide nitrique concentré et une partie d'eau. J'ai laissé les coupes dans cette solution jusqu'à ce qu'elles soient devenues jaunes. Dans le cas où cela a eu lieu en quelques minutes, j'ai lavé les coupes avec de l'eau distillée et les ai placées ensuite dans une faible solution d'ammoniaque. Il en est résulté que la coloration est devenue plus foncée. Ensuite, après avoir placé les coupes sur le porte-objet dans de l'eau distillée, j'ai examiné au microscope.

Quoique ce réactif produise une réaction microchimique de sensibilité moyenne, il a quand même donné de manière identique la coloration jaune et la coloration jaune foncée décelant toutes deux la présence de l'albumine dans les massues des plantes élevées dans

de l'oxygène privé d'azote, ainsi que dans celles des plantes élevées à l'air libre.

6° Réaction au phospho-molybdate de sodium

Le phospho-molybdate de sodium produit avec les albuminoïdes une réaction de couleur jaune.

Pour la préparation du réactif phospho-molybdique j'ai employé 10 cm^3 d'eau distillée pour 1 gramme de phospho-molybdate de soude. Il est bon de laisser cette solution séjourner pendant quelques jours et ensuite de la filtrer. Il faut laisser la coupe microscopique longtemps dans le réactif, ordinairement 2 à 3 heures, car la réaction se produit lentement. Quand la coloration a eu lieu, on monte les préparations à la glycérine et on examine au microscope.

Comme marque de la présence de l'albumine dans les massues des plantes élevées dans de l'oxygène privé d'azote et dans celles des plantes élevées à l'air libre, les cellules ont toutes montré la coloration jaune orangé.

7° Réactif de Guesda

Le réactif de Guesda est une solution concentrée de sulfate de nickel saturée d'ammoniaque ; il produit avec les albuminoïdes une coloration jaune ou bleuâtre, ou bien jaune-orange dans le cas où l'on ajoute à la préparation de l'oxyde de potassium. Si l'on veut que la réaction se produise de suite, il faut chauffer la préparation.

Le résultat de mes examens fut que les massues des plantes élevées dans de l'oxygène privé d'azote et celles des plantes élevées à l'air libre ont produit de même la réaction de couleur jaune ou orangée, ce qui en ce cas prouve la présence de l'albumine.

8° Réaction du biuret

J'ai employé la réaction du biuret de manière habituelle. J'ai fait tremper les coupes dans la solution concentrée de sulfate de cuivre, puis j'ai éliminé l'excès de sulfate de cuivre en lavant la coupe dans de l'eau distillée. J'ai mis ensuite la coupe dans une goutte de potasse concentrée, sur le porte-objet, ce qui a produit la coloration bleu-violet des albuminoïdes.

Les massues des plantes élevées dans de l'oxygène privé d'azote, ainsi que celles des plantes élevées à l'air libre ont produit de même, sans aucune différence sensible, la réaction de l'albumine.

9° Réactif de Reichl et Mikosch

L'essentiel de la réaction de Reichl et Mikosch est que l'on fait tremper la coupe dans de l'alcool pur, dans lequel une quantité minime de benzaldéhyde est dissoute ensuite ; après avoir fait sécher la préparation, nous y ajoutons une solution d'acide sulfurique à 50 °/₀ dans laquelle un peu de sulfate de fer est dissous. Si on chauffe, la préparation se colore en bleu vif dans le cas où l'albumine est présente. Si la coloration n'est que faible, il est bon de chauffer la préparation jusqu'à ébullition.

Le réactif de Reichl-Mikosch est d'après M. de Wèvre un réactif très peu sensible des albuminoïdes. Donc, comme par son emploi, les massues des plantes élevées dans de l'oxygène privé d'azote, ainsi que celles des plantes élevées à l'air libre, ont produit de même la coloration caractéristique bleue, cela prouve que l'albumine se trouvait en quantité suffisante dans les massues des plantes élevées de façons toutes différentes.

A la suite des résultats de cette série d'expériences très précises, je ne peux donc soutenir que ce que j'ai déjà soutenu lors de mes examens précédents, c'est-à-dire que :

1). *Les poils des plantes cultivées soit à l'air libre, soit dans les milieux privés d'azote, se développent exactement de la même manière ; il en est de même des poils spécialisés, étudiés par MM. Jamieson, Zemplén et Roth.*

2). *Les poils pris sur des organes de même âge, et également développés, produisent dans les deux cas, avec les réactifs cités plus haut, des résultats semblables.*

3). *L'expérience démontre donc d'une manière évidente, que l'azote des substances albuminoïdes décelées par ces réactifs ne vient pas de l'azote de l'air atmosphérique.*

Puisque les massues des plantes cultivées dans un milieu privé d'azote ont, malgré la manipulation préliminaire, produit avec tous les réactifs employés des albuminoïdes, exactement la même réaction que les « poils spécialisés » pris sur des organes du même âge et également développés des plantes élevées à l'air libre, il nous faut supposer que la présence de l'albumine, soit dans les cellules des poils simples, soit dans celles des massues, doit être attribuée à la multiplication cellulaire, et à l'alimentation normale des tissus

déjà formés, mais qu'elle n'est pas le résultat de l'assimilation de l'azote de l'atmosphère.

Donc, l'affirmation soutenant que l'albumine des poils végétaux en question « *ne se forme dans ces poils qu'après leur contact avec l'air* », « *dont ils absorbent l'azote et le transforment en albumine* », ne correspond pas à la réalité. La théorie de Jamieson, Zemplén et Roth, traitant de la capacité assimilatrice des poils végétaux, est donc complètement insoutenable, et ne peut être admise.

APERÇU PHYTOGÉOGRAPHIQUE SUR LA KABYLIE DES BABORS

par M. LAPIE

Professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts de Nancy.

La Kabylie des Babors, connue aussi sous le nom de Petite Kabylie, fait suite, à l'Est, à la Kabylie du Djurdjura ou Grande Kabylie dont l'étude a été faite (1). Cette région commence donc vers l'Ouest à la vallée de l'Oued Sahel. Limitée au Nord par la mer, la Kabylie des Babors s'étend au Sud, d'après Bernard et Ficheur (2) jusqu'à une dépression parcourue par le cours inférieur de l'Oued bou Sellam, passant au Sud des Beni Ourtillane, au Nord d'Ain Rooa, vers Amouchas et longeant le flanc nord du Djebel Megriss. Les mêmes auteurs admettent comme limite orientale une ligne menée du Cap Cavallo à l'Oued Deheb ; mais on comprend souvent dans la Kabylie des Babors les environs de Djidjelli et même la Kabylie de Collo qui s'étend jusqu'au delà de Philippeville, comme je l'ai fait dans mon étude sur les divisions phytogéographiques de l'Algérie (3).

Je me bornerai dans cet aperçu à examiner la région qui s'étend vers l'Est jusqu'à l'Oued Kebir, petit fleuve dont l'embouchure se trouve entre Djidjelli et Collo, et vers le Sud-Est jusqu'à l'Oued Endja, affluent du précédent.

(1) G. Lapie. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. (Thèse) Paris 1909.

(2) A. Bernard et Ficheur : Les régions naturelles de l'Algérie.

(3) *Compte-rendus Académie des Sciences,* 15 février 1909.

Orographie.

La zone ainsi définie est parcourue depuis l'Oued Sahel, près d'Akbou, jusqu'à l'Oued Kebir par une chaîne principale dite des Babors, à peu près parallèle au littoral, souvent ramifiée et émettant vers la mer de nombreux contreforts séparés par des vallées très encaissées. L'ensemble forme une région montagneuse hérissée de pitons dont on peut contempler, depuis Bougie, le pittoresque ensemble.

Il n'existe qu'une seule plaine un peu étendue où sont établis quelques villages européens (Taher, Strasbourg, etc.) et dont Djidjelli jalonne l'extrémité occidentale.

Les versants de la chaîne principale s'abaissent au sud vers les plateaux de Sétif, qui contrastent avec le relief âpre de la Kabylie, et se relient au Sud-Ouest avec la chaîne des Bibans.

Le point culminant de la Petite Kabylie est le Djebel Babor ou Grand Babor (altitude 2004 mètres) qui s'élève un peu au sud de la ligne générale de crête, à l'est de la profonde coupure de Kerrata, connue sous le nom de Gorges du Chabet.

Géologie.

La partie occidentale de la Kabylie des Babors est constituée par le crétacé supérieur au milieu duquel apparaissent de nombreux pointements du lias ; les calcaires liasiques forment en particulier les grandes crêtes dentelées du Tababor (1969 mètres) et du Takoucht (1896 mètres) ; on les rencontre aussi sur le Babor dont le versant septentrional appartient au crétacé inférieur.

A l'Est et au Sud du petit massif éruptif de Cavallo commencent les grès éocènes qui s'étendent jusque sur le versant sud de la chaîne des Babors ; toutefois de Taher jusqu'à l'Oued Kebir les micaschistes apparaissent sur de grandes étendues.

La plaine voisine de Djidjelli est miocène et pliocène.

Divisions phytogéographiques.

La Kabylie des Babors appartient au *Domaine mauritanien septentrional* à l'exception des sommets les plus élevés qui dépendent du *Domaine des hautes montagnes atlantiques* (1).

(1) G. Lapie. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura (p. 6 et suivantes).

Le Domaine mauritanien septentrional comprend plusieurs secteurs : toute la partie nord de la Kabylie des Babors (1), jusqu'à la grande ligne de crêtes que nous avons mentionnée, appartient au *Secteur numidien* ; la partie sud dépend du *Secteur du Tell méridional.*

Les sommets des hautes montagnes forment îlots à la limite des deux secteurs et constituent avec les crêtes du Djurdjura le *District du haut Atlas kabyle*; on peut les considérer comme ayant la valeur d'un sous-district (Sous-district oriental).

Secteur numidien. — Le botaniste qui, après avoir parcouru la Kabylie du Djurdjura, pénètre en suivant le bord de la mer dans la Kabylie des Babors, est tout d'abord frappé de la présence des nombreuses touffes de *Genista numidica* Spach., espèce à feuilles très caduques qui peut atteindre les dimensions d'un arbuste.

Une autre plante, inconnue dans le Djurdjura, le *Vinca media* L. est également fort commune dans les forêts de la Petite Kabylie. De plus le *Quercus coccifera* L., qui atteint déjà des dimensions remarquables à l'Est de Bougie, forme sur certains points, en particulier au Djebel Hadid (2), des peuplements de gros arbres extrêmement remarquables.

A partir du Cap Cavallo apparaît le Pin maritime *(P. maritima* Lam.) qui existe jusqu'en Tunisie, mais fait défaut dans toute l'Algérie occidentate (3).

Le *Genista ulcina* Spach. et l'*Erica scoparia* L. déjà signalés au voisinage de Bougie deviennent abondants dans la Kabylie des Babors. Le *Chamærops humilis* L. n'existe que sur une bande étroite au bord de la mer. Par contre le *Myrtus communis* L., répandu dans les vallées humides, s'élève sur les flancs de la chaîne principale assez loin de la mer, en particulier à El Maâd (route de Djidjelli à Constantine) et croît même en petite quantité sur le versant Sud (Zonagha).

Mieux arrosée encore que la Grande Kabylie, la Petite Kabylie présente des stations très remarquables ; les frondes de *Scolopendrium vulgare* Sym. atteignent des dimensions exceptionnelles dans l'Oued Taza ; il faut signaler aussi les *Pteris longifolia* L. et

(1) Constitue la partie occidentale du *District de la Kabylie* des Babors (id., p. 7).

(2) Voir *Bulletin de la Société dendrologique* (1913) : Les Chênes Kermés de Dar el Oued.

(3) Ce Pin a été signalé au Maroc près de Tetuan (D^r Trabut).

cretica L. bien que ces espèces soient trop peu répandues pour être caractéristiques au point de vue phytogéographique (1). La forêt de *Populus alba* L. et d'*Ulmus campestris* L. qui occupe les terrains marécageux de l'embouchure de l'Oued Aghrioun mérite aussi d'être citée.

En examinant séparément chaque formation géologique, on constate que le sol, souvent schisteux, de la région crétacée est couvert de forêts de *Quercus Suber* L. formées d'arbres souvent clairsemés ; ces massifs sont pour la plupart dégradés et l'absence fréquente de jeunes sujets fait même présumer leur disparition. Les Chênes à feuilles caduques (*Quercus Mirbeckii* D. R. et *Q. Afarés* Pom.) n'existent que sur les hauteurs et dans quelques dépressions ; l'*Erica arborea* L. assez dense mais peu élevé forme la majeure partie du sous-bois ; l'*Ampelodesmos tenax* Vahl. est très répandu. Lorsque le calcaire apparaît, le Chêne-liège fait place au *Quercus Ilex* L. et même quelquefois aux Chênes à feuilles caduques.

Sur les grès éocènes, qui constituent un sol siliceux frais et profond, éminemment favorable au Chêne-liège, l'aspect de la végétation est tout différent ; la magnifique forêt de Guerrouch, que la hache n'a malheureusement pas assez épargnée, pouvait rivaliser par sa beauté et la vigueur de ses arbres avec beaucoup de massifs de l'Europe septentrionale.

La forêt de *Quercus suber* L., souvent mêlée de *Quercus Mirbeckii* D R., et dans laquelle apparaissent les Érables, en particulier l'*Acer campestre* L., espèce exceptionnelle en Algérie, possède un sous-bois très développé. Dans les stations les moins humides, l'*Erica arborea* domine encore en nombre, mais peut atteindre plusieurs mètres de hauteur ; dans les bas-fonds l'Arbousier, le Myrte, les Philarias, le *Viburnum Tinus* L. abondent ; le Lierre garnit les Chênes-zeens et le *Smilax aspera* L. forme souvent un enchevêtrement impénétrable qui s'élève jusque dans la cime des arbres. Les Chèvrefeuilles (*L. implexa* L., L. *etrusca*) et le *Clematis cirrhosa* L. sont très développés. L'*Androsæmum officinale* All. existe dans les ravins.

A mesure que l'on s'éloigne du littoral pour gravir la montagne,

(1) Battandier et Trabut mentionnent une seule station du *Pteris cretica* (Sehmâ) ; j'en ai découvert 2 autres : le Djebel Hadid et l'Oued Azereb.

le *Quercus Mirbeckii* devient plus abondant, formant de hautes futaies, presque dépourvues de sous-bois ; çà et là sur un tapis de feuilles mortes croissent quelques *Cytisus triflorus* L'Her.; sur les crêtes le *Quercus Afarès* domine.

Dans la partie supérieure de la forêt de Guerrouch, au canton de Goubia en particulier, et sur les points élevés de la forêt de Tamentout qu'occupent les crêtes de la grande chaîne, à l'Est du Babor, de nouvelles espèces apparaissent sous la futaie de Chênes à feuilles caduques ; citons : l'*Epimedium Perralderianum* Coss., le *Pæonia Russi* Munb., *le Daphne Laureola* L., le *Sorbus torminalis* Crantz, l'*Helichrysum lacteum* Coss., le *Doronicum atlanticum* Chab., le *Myosotis macrocalycina* Coss. espèces que nous retrouverons au Grand Babor, une variété de l'*Allium Chamœmoly* L. à pétales fortement marqués de violet, *le Scilla Aristidis* Coss, *le Viola Munbyana* B. R. à Goubia, *le Cyclamen repandum* L., à Tamentout (Si Salah) l'*Evonymus latifolius* Scop., et au canton Djimla de ce dernier massif, le *Saxifraga baborensis* Batt. localisé à l'unique station de la Roche coupée.

Revenant au bord de la mer nous devons signaler dans les forêts de Chêne-liège du massif éruptif de Cavallo le *Lysimachia Cousiniana* Coss., dont la station se prolonge jusqu'à Guerrouch.

Les environs de Djidjelli sont caractérisés par l'abondance du Pin maritime, qui forme une forêt complète sur l'amphithéâtre du Bou-Afia. Malgré les défrichements, de jeunes Pins croissent encore çà et là dans les terrains de colonisation qui entourent la ville. Les associations végétales sont celles d'une forêt de Chêne-liège dégradée ; le Palmier nain acquiert une importance exceptionnelle pour la région. On est tenté d'admettre que les forêts des abords de Djidjelli, autrefois peuplées de Chêne-liège ont été, pendant de longs siècles, exploitées à outrance, défrichées peut-être en partie, ce qui a permis au Pin, espèce de transition à graine légère, de prendre sur ce point une grande importance.

La plaine qui s'étend vers Taher est complètement cultivée ; c'est à peine si l'on y rencontre encore quelques peuplements de Chêne-liège, des Oliviers et au bord des eaux des lignes de broussailles ; cette plaine était évidemment occupée en majeure partie par le *Quercus Suber* avec association des *Erica arborea et scoparia, Arbutus Unedo* L., *Phyllirea latifolia* L. et *P. media* L., *Cytisus*

candicans D.C., *Myrtus communis, Genista ulicina, Pteris aquilina* L.; dans les parties marécageuses on rencontre encore l'*Osmunda regalis* L.

La région cristallophyllienne est à peu près entièrement couverte de Chêne-liège ; les Chênes à feuilles caduques sont rares sauf sur les îlots de grès. Le Pin maritime et le Pin d'Alep forment quelques bouquets. L'Olivier est beaucoup moins abondant que sur les micaschistes des contreforts du Djurdjura et, fait également frappant, le Figuier n'est presque pas cultivé.

Le sous-bois, moins élevé que sur les grès, comprend aussi moins d'espèces hygrophiles. C'est une riche région forestière par sa production en liège.

Comme plante spéciale on peut citer le *Pedicularis numidica* Pom.

Le littoral, de Djidjelli à l'Oued Kébir, est accusé par des dunes couvertes de Lentisques, Philarias, Tamaris, *Juniperus Oxycedrus* L., *Ephedra fragilis* Desf. ; on y remarque en abondance l'*Halimum halimifolium* Willk, le *Retama Bovei* Spach. et même çà et là le *Citrullus Colocynthus* Schr. On a essayé avec succès le *Mesembryanthemum edule* pour la fixation des sables.

Secteur du Tell méridional. — Ce secteur, très étendu dans la région de Médéa, Aumale, Bouira, etc., est fort rétréci au voisinage de la chaîne des Babors. La végétation est caractérisée par le Chêne-liège et les Chênes à feuilles caduques sur les grès éocènes, par le Chêne-vert sur les calcaires. Les associations végétales sont très analogues à celles qui ont été indiquées pour le district bouirien (1). On est frappé en particulier de l'importance acquise par l'*Ampelodesmos tenax*.

Les Chênes demeurent courts et trapus, cette remarque s'applique particulièrement aux Chênes-zeens de Zooagha ; les causes sont, non seulement l'éloignement de la mer et l'exposition, mais aussi le voisinage des plateaux de Sétif, dépourvus de forêts. Ces peuplements sont menacés à la fois par l'homme et par les modifications du climat résultant de la disparition des arbres sur les plateaux voisins. Ces derniers ont dû en effet être boisés, car on retrouve encore au Djebel Halfa, au sud de Chevreul, des peuplements de Chêne-vert, derniers témoins de l'ancienne végétation.

(1) Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura, p. 29 et suivantes.

L'influence du voisinage des Hauts Plateaux se manifeste, vers l'Ouest surtout, par la présence du *Retama spherocarpa* Bois.

District du haut atlas kabyle. — Ce sous-district comprend le sommet du Djebel Babor, la crête du Tababor, séparée du précédent par la dépression des Beni-Besez et quelques pitons voisins situés à l'Ouest du Tababor. On sait que les hautes montagnes atlantiques sont caractérisées par le *Cedrus atlantica* Mann.

Le fait saillant qui distingue le sous-district du Babor est la présence d'un Sapin. L'*Abies numidica* De Lannoy croît en mélange avec le Cèdre, sur le sommet aplati du Djebel Babor et l'on en retrouve quelques sujets, écimés par le vent et la neige, sur le Tababor. Le *Populus tremula* L. est également localisé sur ces deux montagnes.

Lorsque, partant du col qui sépare le Babor du Tababor, le voyageur gravit par un bon sentier le versant nord du Babor, il traverse d'abord une futaie de Chêne-zeen mêlée de Cèdre, puis ce dernier devient dominant et mélangé de Sapins de Numidie. Çà et là, le boisement est entrecoupé par des couloirs à neiges, couverts d'un tapis rouge de *Pœonia Russi.*

La forêt bien conservée donne au Babor un aspect fort différent de celui du Djurdjura (Aït Ouabane excepté) et c'est à cette circonstance sans doute qu'il faut attribuer la présence de l'*Abies numidica* disparu du Djurdjura ; c'est également l'état boisé qui peut expliquer l'absence sur le Babor du *Juniperus communis* L., essence de lumière répandue sur les pâturages pseudo-alpins du Djurdjura. Dans les deux sous-districts, le *Sorbus Aria* Crantz demeure le compagnon du Cèdre.

On peut citer encore comme espèces remarquables du Babor : l'*Epimedium Perralderianum* Coss. ; le *Stellaria Holostea* L., l'*Asperula odorata* L.

Le versant méridional du Tababor, très rocheux, presque abrupt et parsemé de Cèdres, présente un sous-bois presque entièrement formé de Buis, espèce manquant au Babor. Au *Buxus sempervirens* L., se mêle l'*Erinacea pungens* Bois. également exceptionnel dans la région.

Au sommet du Tababor, à l'exposition nord, on trouve parmi les Érables *(Acer obtusatum* Willd.) et les Trembles en buissons, dominés par le Cèdre, le Sapin et l'If, quelques touffes de *Viburnum*

Lantana L., Le *Daphne oleoides* L. croît directement sur l'arête. A l'entrée d'un étroit aven, le *Matmort Tegranan,* miniature des *Tessereft* du Djurdjura, on peut récolter le *Rhamnus cathartica* L., qui voisine avec le *Rhamnus alpina* L.. Mentionnons encore la présence sur le Tababor de quelques pieds de *Fraxinus oxyphylla* Marsh., arbre que l'on ne rencontre pas en général sur les hautes montagnes du Tell.

Nous avons, dans ce court aperçu, surtout comparé la Petite Kabylie avec la Grande Kabylie ; si les différences indiquées suffisent pour justifier la création de districts ou de sous-districts différents, il convient cependant de conclure que les associations végétales de ces deux régions présentent dans l'ensemble une très grande analogie.

DEUX NOUVEAUX LABORATOIRES DE RECHERCHES BOTANIQUES EN ESPAGNE

INFLUENCE SCIENTIFIQUE DE M. LE PROFESSEUR GASTON BONNIER EN DEHORS DE LA FRANCE

par **M. A. Francisco DE LAS BARRAS DE ARAGON**
Professeur à l'Université de Séville.

Avant d'entrer en matière, je ne saurais laisser passer cette occasion sans adresser mon hommage de gratitude à l'éminent Botaniste et Maître, M. Gaston Bonnier.

La création de deux établissements destinés aux recherches botaniques en Espagne montrera l'influence que ce savant exerce en dehors de la France. J'ai eu, en effet, l'honneur de tracer le plan de ces deux établissements à la suite de mon séjour au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau et je dois dire que ce fut dans cet admirable établissement que j'ai puisé mon inspiration.

Estacion alpina de Biologia. — Le premier de ces établissements : *Estacion alpina de Biologia del Museo de Ciencias naturales de Madrid,* dans un pays aussi montagneux que l'Espagne, répond à un besoin éprouvé depuis longtemps par les naturalistes espagnols ; il a été créé par l'État, en vertu du *Real Decreto* du 27 mai 1910, signé par l'Excellentissime Comte de Romanones, à cette époque Président du Gouvernement espagnol.

En revenant de ma mission scientifique à l'étranger, pour laquelle je fus pensionné par le Ministère de l'Instruction publique, et après

avoir consacré la plupart de mon temps à suivre l'enseignement de M. le professeur Bonnier, à la Sorbonne et au laboratoire de Fontainebleau, j'ai été chargé, en vertu de la *Real Orden* du 26 juillet 1910, d'installer l'*Estacion alpina* d'accord avec M. le Directeur du Musée des Sciences naturelles de Madrid, l'éminent entomologiste, M. le professeur Ignacio Bolivar et avec la collaboration du savant botaniste professeur Blas Lazaro Ibiza.

Après avoir effectué une nombreuse série d'excursions à travers les montagnes pour y chercher un endroit peu éloigné de Madrid, et favorable à l'installation, on décida de l'établir sur des terrains de l'État dans une parcelle située en pleine *Sierra de Guadarrama,* au lieu qu'on appelle *El Ventorrillo,* en face des maisons qu'y a bâties le *Club alpino Español.* Cet emplacement est à quatre kilomètres et demi du *Puerto de Navacerrada;* il est à côté de la route qui mène au *Real Sitio de San Ildefonso* (*La Granja*) et à 1.400 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cet endroit est facilement accessible par la route, non seulement en partant de *Villalba,* mais aussi en partant de l'*Escorial* ou de *Cercedilla* par un sentier, très praticable, de cinq kilomètres environ.

Quand on fit le choix de l'emplacement, nous n'avons pas cherché à le situer à l'altitude maxima de la *Sierra de Guadarrama,* car on a formé le projet d'y établir des installations secondaires pour la culture de plantes alpines, à différentes altitudes et à diverses orientations.

Le lieu choisi offrait tout d'abord l'avantage de se trouver sur la limite inférieure de la zone des Pins et supérieure à celle que caractérise le genre *Quercus*; au-dessous, par conséquent, de la région recouverte par les neiges, avec plus ou moins d'interruptions, du mois de décembre au mois de mai.

Il est important que ce lieu soit accessible durant toute l'année, et permette de poursuivre les travaux sans arrêt pendant l'hiver.

Le terrain, d'une surface de 3 hectares 1/4, est pourvu de sources et bordé d'un côté par la grande route. Quoique différents bâtiments doivent encore être construits, ce nouvel établissement est ouvert au public depuis 1911, et les enseignements y ont été donnés; plusieurs travaux ont été réalisés qui motivèrent des publications dans les « *Anales de la Junta para Ampliacion de Estudios* » ; « *Memorias del Museo de Ciencias naturales* » ; publications de la « *Real Sociedad*

Española de Historia natural » et dans la *Revista de la « Real Academia Hispano-Americana de Cadiz* ».

Le bâtiment récemment construit comprend un laboratoire avec quatre places pour travaux micrographiques. Ce laboratoire est pourvu de tout le matériel nécessaire à la récolte et à la préparation des plantes. En outre, il existe une chambre obscure photographique au dernier étage et des chambres pour loger les naturalistes qui y travaillent.

Comme il s'agit d'une dépendance du Musée des Sciences naturelles, lequel est lié à la *Junta para Ampliacion de Estudios*, c'est le professeur et Directeur dudit Musée, M. Bolivar, qui délivre aux naturalistes, tant nationaux qu'étrangers, l'autorisation nécessaire pour séjourner, pendant un laps de temps déterminé, à l'*Estacion alpina*.

Le plan général qui a été dressé prévoit des constructions nouvelles, indispensables pour loger un plus grand nombre de travailleurs.

C'est une résidence tout à fait privilégiée pour l'étude de la flore de l'Espagne centrale.

La région où se trouve l'*Estacion alpina* est, en grande partie, couverte par de vastes étendues de plantations de Pins. En la considérant dans son ensemble, et pour donner une sommaire idée de sa flore, nous y pouvons admettre, avec MM. Breñosa et Castellarnau, trois zones botaniques que nous désignerons sous les noms, déjà employés par eux et par nous, de *Montana*, *Subalpina* et *Alpina* (1).

Dans la *Montana*, ou région basse, domine le *Quercus Toza* Bosc. *(malojo)*, entremêlé avec les Pins ; près de la limite inférieure et dans certains endroits clairsemés on trouve la *Stipa Lagascæ* R. et S., et le *Cistus ladaniferus* L. Cette zone atteint une hauteur de 1.380 mètres au-dessus du niveau de la mer et sa végétation herbacée est si riche et abondante qu'il est difficile d'en donner une idée dans cette Note.

Les échantillons que nous pouvons y recueillir dès que le *Crocus carpetanus* R. B. apparaît, sont nombreux. Nous avons récolté cette

(1) « Notas para un estudio preliminar historico-natural de la Sierra de Guadarrama » par Francisco de las Barras de Aragon. *(Anales de la Junta para Ampliacion de Estudios é Investigaciones cientificas*. Tomo VIII. Memoria Cª.

espèce au commencement du mois de février, aux environs de l'*Estation alpina*; à partir de ce moment a commencé la floraison du *Narcissus Graellsii* Wes.. *N. pallidulus* Graells, et *N. rupricola* Duf. etc. — A la fin de l'automne apparaît le *Crocus nodiflorus* Sm. (*azafran silvestre*) puis *Merendera Bulbocodium* Ram. (*Quita-meriendas*) qui annonce la fin de l'hiver.

Les plantes ligneuses y abondent aussi et l'on y voit, parmi les arbres, le *Sorbus Aria* Crantz (*mostajo*); *Malus acerba* Merat. (*maillo*); *Sorbus aucuparia* L. (*serbal de cazadores*); *Cerasus avium* Moench. (*cerezo salvage*); *Populus tremula* L. etc. Ces plantes croissent isolément à l'exception de la dernière espèce qu'on trouve par petits groupements au versant nord de la chaîne et depuis la partie basse jusqu'à la partie supérieure de la zone des Pins ou à peu près. Les *Rhamnus cathartica* L., *Frangula vulgaris* Rhd. *Viburnum Lantana* L., *Prunus spinosa* L. (*endrino*) et *Cratægus oxyacantha* L. (*espino albar*). Le *Rosa canina* L. (*rosal silvestre*) et *Rubus discolor* Whe. (*zarzamora*) forment des étendues de broussailles à côté des ruisseaux; ces espèces sont parfois remplacées par plusieurs Saules ou *mimbreras* tels le *Salix cinerea* L., *S. amygdalina* L.; et *S. fragilis* L.

La zone *subalpina* ou du Pin sauvage est placée entre 1.380 et 1.900 mètres d'altitude. On peut la considérer comme divisée dans la *Sierra de Guadarrama* en deux grandes stations qui, si elles sont identiques comme conditions d'altitude et de sol, diffèrent néanmoins beaucoup, car l'une est tout à fait couverte de Pins et l'autre complètement dépourvue de végétation arborescente. C'est pourquoi la première est dénommée *pinar* et la seconde *sierra*.

Le *pinar* est formé par le *Pinus silvestris* L. exclusivement. On trouve seulement, dans quelques rares endroits, des exemplaires de *Taxus baccata* L. (*tejo*), *Ilex aquifolium* L. (*acebo*), *Sorbus aucuparia* L. (*serbal de cazadores*) et *Corylus Avellana* L. (*avellano*). Dans les clairières se forment d'épaisses broussailles de *Sarothamnus purgans* L. (*piorno*), *Genista florida* L. (*retama albar*), et aussi de *Pteris aquilina* L.

Le sol est presque complètement couvert de graminées, surtout dans les prairies où la végétation est plus variée, car il y a peu d'espèces qui supportent l'ombre des Pins.

Nous citerons parmi les plantes herbacées qui fleurissent au

printemps, *Arenaria montana* L., *Saxifraga granulata* L., *Endymion campanulatus* Wk., et *Ranunculus carpetanus* B. et R. Parmi les plantes d'automne : le *Crocus nodiflorus* B. M. qui fleurit peu de temps avant la chute des premières neiges.

Les ruisseaux naissent presque toujours dans ce que nous appelons les *trampales*, sortes de tourbières qui passent, la plupart du temps, à des prairies humides par des transitions insensibles. Lorsque la tourbe est très humide, elle porte le nom de *tolla*. La végétation de ces tourbières présente assez d'espèces intéressantes, telles sont : *Parnassia palustris* L., *Wahlenbergia hederacea* Rchb., *Lychnis flos-Cuculi* L., *Ranunculus flammula* L., *Pedicularis silvatica* L., *Juncus silvaticus* Reich., *Veronica serpyllifolia* L., *V. acinifolia* L., *V. scutellata* L., etc. A côté des ruisseaux, les Fougères occupent de grandes étendues de terrain, spécialement les *Polystichum Filix-mas* Rth., *P. Filix-femina* R. U., et aussi des Joncacées telle la *Luzula silvatica* Gaud. ainsi que des Cypéracées, tels le *Carex stricta* Gaud., *C. acuta* L. et *C. maxima* Scop., etc.

La *sierra* est l'autre région de la *zone sulbapine* que nous avons citée ; elle est dépourvue de végétation arborescente ; c'est là que vivent le *Juniperus communis* L. et J. *alpina* Clus. *(jabina) : Adenocarpus hispanicus* D. C. *(cambroño)* et *Sarothamnus purgans* G. G. *(piorno)*. Le sol est tantôt pierreux et escarpé et tantôt il forme des prés utilisés comme pâturages. Dans ces prés, et dans la partie basse on remarque le remplacement du *Narcissus nivalis* Graells, par le *N. Graellsii Webb*. Dans les endroits pierreux vivent le *Jasione carpetana* B. R., *Pyrethrum hispanicum* W. K., *Digitalis purpurea* L., *Digitalis Thlapsi* L., etc., etc. Dans les *cantizales* (grosses pierres) croissent aussi plusieurs *Dianthus*, le *Narcissus rupicola* Duf. et le *Viola canina* F. L. La Fougère *(helecho) Pteris aquilina* L. occupe de grandes étendues de terrain.

Enfin, la zone proprement dite *alpine*, comprend les sommets les plus élevés depuis l'altitude de 1 900 mètres, tels sont : *Cabeza de Hierro Mayor*, 3.383 mètres, *Cabeza de Hierro Menor* 2.370 mètres, *Guarramas* 2.258 mètres, *Monton de Trigo* ou *Pan de Azucar* 2.400 mètres, *Peñalara* 2.400 mètres et quelques autres. Quoique inférieur à la hauteur minima antérieurement dite, nous citerons, à cause de sa proximité de l'*Estacion alpina*, le *Puerto de Navacerrada*, à 1.780 mètres au-dessus de la mer.

La zone alpine est couverte de neige pendant la plus grande partie de l'année ; il y neige dès les derniers jours de septembre jusqu'aux premiers jours de juin ; le sommet de Peñalara n'atteint pas la limite des neiges perpétuelles qui serait, vraisemblablement, placée 560 m. au-dessus, en admettant que cette limite croisse proportionnellement à la diminution de la latitude entre les *Pirineos* et la *Sierra Nevada*. Le sol n'est qn'un amoncellement de pierres, un véritable « *canchal.* »

Dans quelques endroits se forment des prairies de *Nardus stricta*, L. *Narcissus nivalis* Graells. et *Crocus carpetanus* B. R. Ces prairies sont très humides et complètement inondées dans quelques endroits. La végétation ligneuse est à peine représentée par quelques *Juniperus alpina* Clus. et quelques *Sarothamnus purgans* G. G. Dans les endroits plus pierreux on trouve *Linaria nivea* B. R. ; *Saxifraga Willkommiana* Bris. ; *Narcissus rupicola* Duf. ; *Allosurus crispus* Bern. et quelques autres espèces.

Au sommet de Peñalara dont la flore est très intéressante se trouvent : *Armeria cæspitosa* Boiss., *Campanula Herminii* L. K., *Sedum hispanicum* L., *Sedum brevifolium* D. C., *Veronica fruticulosa* L., *Senecio Tournefortii* L., etc.

Nous croyons suffisantes les indications précédentes pour montrer l'intérêt botanique de la région dans laquelle est placée l'*Estacion alpina de Biologia del Museo de Ciencias Naturales de Madrid.*

Jardin Botanico de la Universidad de Oviedo. — C'est un autre établissement scientifique encore en formation, mais sur lequel l'Espagne pourra certainement compter bientôt.

L'Université d'Oviedo possédait autrefois un jardin botanique qui fut supprimé et dont nous avons rappelé l'histoire dans les *Anales* de l'établissement (tome publié en 1908). Le Recteur Docteur Fermin Canella, qui nous confia la mission de rédiger ledit travail, dès qu'il occupa son poste, avait manifesté un véritable enthousiasme pour le rétablissement d'une si importante dépendance universitaire.

Profitant des fêtes du centenaire de la création de l'Université d'Oviedo, qui eurent lieu en septembre 1908, il fit connaître à M. le Ministre de l'Instruction publique, Rodriguez Sampedro ses désirs à ce sujet, et M. le Ministre prit une série de dispositions

tendant à l'amélioration de l'Université, parmi lesquelles se trouvaient celles relatives à la création et à l'entretien du jardin botanique.

M. Canella avait consulté, antérieurement à ces dispositions, une assemblée de personnalités importantes de la région asturienne qui avait émis le vœu du rétablissement du Jardin Botanique; cette assemblée considérait le Jardin Botanique d'Oviedo comme pouvant rendre des services, non seulement au point de vue de la science pure, mais encore comme école complémentaire d'instruction agronomique et comme champ d'essai et d'expérimentation agricoles.

Ces considérations, ainsi que les résultats d'autres consultations auxquelles prit part, outre M. Canella, le Sénateur et ex-Recteur de cette Université, M. Félix P. de Aramburu, dont le récent décès constitue une perte irréparable pour les sciences et pour l'enseignement en Espagne, eurent comme résultat immédiat une série de dispositions officielles émanant des Ministres de l'Instruction publique MM. Rodriguez Sampedro et Barroso.

Une disposition de ce dernier, en date du 11 décembre 1909 arrêta la création du Jardin Botanique d'Oviedo. En vertu de cet arrêté ministériel et comptant sur les sommes apportées par la Municipalité d'Oviedo et par la *Diputacion Provincial de Asturias*, on put acheter, en date du 30 janvier 1910, pour l'Université un terrain de 18.000 mètres carrés, dans un endroit proche de la ville, facilement accessible et réunissant d'excellentes conditions pour le but proposé.

Dès mon retour de Paris, M. le Recteur me chargea de tracer un projet de jardin botanique en harmonie avec les fins du nouvel établissement et les particularités du terrain. Peu de temps après que ce projet fut terminé, je dus quitter l'Université d'Oviedo pour me rendre à l'Université de Séville, mais je restai en communication suivie avec M. Canella et les personnalités chargées de l'exécution du projet.

Je dois dire ici que les principales sources d'information dont je me suis servi pour l'élaboration de mon projet furent les observations faites au cours de mes visites, dans les divers jardins botaniques de France.

On peut assurer sans aucun doute que, dans un bref délai qui ne dépassera pas la fin de l'année 1914, le nouvel établissement

botanique de l'Université d'Oviedo sera ouvert au public et en plein fonctionnement.

Pour terminer ce modeste exposé, nous insisterons sur ce fait, que c'est grâce aux enseignements acquis en France sous la direction de M. le Professeur Gaston Bonnier que nous avons pu entreprendre les projets de création des deux établissements qui font l'objet de cette Note. Tout deux seront la preuve permanente de l'influence exercée par l'éminent botaniste français à qui nous rendons maintenant un hommage si mérité, et qui aura contribué ainsi au développement scientifique de l'Espagne.

Sevilla, 10 de Junio 1913.

L'ANCIENNE VÉGÉTATION FORESTIÈRE
DE LA CHAMPAGNE POUILLEUSE

par M. J. LAURENT
Professeur à l'École de Médecine de Reims.

La Champagne crayeuse, telle que je l'ai définie dans un travail antérieur (1), présente la forme d'un vaste croissant s'étendant depuis Rethel jusqu'à Sens, entre le massif tertiaire de l'Ile-de-France à l'ouest, et la Champagne humide à l'est. A part quelques témoins tertiaires disséminés çà et là, la craie ou les graviers crayeux occupent la presque totalité du pays compris entre les vallées de la Seine et de l'Aisne ; mais au nord de l'Aisne comme au sud de la Seine, on voit apparaître des argiles à silex, résidus de décalcification de la craie sur lesquels la végétation forestière a pu s'implanter.

S'il faut en croire la tradition (2) la forêt d'Othe était jadis en continuité avec celle de la Traconne, et les conditions géographiques actuelles du pays compris entre la Seine et la Vanne, avec ses débris tertiaires nombreux, ses limons de décalcification et ses bois discontinus sont loin d'infirmer cette opinion. De même, la forêt devait s'étendre sans interruption du val d'Aisne jusqu'au plateau d'Ardenne et aux plaines de Picardie, confirmant le texte des Commentaires de César qui fait venir la forêt d'Ardenne jusqu'à la limite du pays des Rèmes.

(1) . J. Laurent : Introduction à la géographie botanique de la Champagne crayeuse. *(Bull. de la Soc. d'étude des sc. nat. de Reims,* 1910).

(2) M. Boutiot : Etudes sur la géographie ancienne appliquées au département de l'Aube, 1861.

Entre ces massifs boisés, Fliche (1) a considéré la Champagne pouilleuse comme un pays de steppes ; avec les hauts sommets des Alpes et des Pyrénées, elle aurait été, dans toute l'étendue de la Gaule celtique, le seul exemple d'un sol rebelle par lui-même à la végétation forestière ; et ces conclusions sont si bien étayées de documents à la fois historiques et botaniques qu'il pourra sembler téméraire d'y apporter quelque correctif. Et cependant des découvertes récentes me permettent d'établir que l'opinion de cet auteur est trop absolue, et que si les grandes forêts n'ont jamais recouvert le pays, du moins de petits bois ou garennes occupaient, en maints endroits, les pentes ou les plateaux crayeux ; plusieurs d'entre eux étaient même connus des botanistes champenois sans que jamais l'attention ait été appelée sur leur singulière situation. Ma démonstration reposera tout à la fois sur l'étude des garennes encore actuellement existantes, sur l'examen des cartes et des textes relatifs à d'anciens bois aujourd'hui défrichés, et enfin sur des documents archéologiques.

I. Garennes actuelles de la Champagne crayeuse.

Si l'on fait abstraction de la végétation du fond des vallées et des pineraies qui sont toutes de plantation récente, il est facile de s'assurer que les massifs boisés sont très rares en Champagne, et leur nomenclature pourrait être fort brève si quelques-uns ne méritaient une étude détaillée.

Empruntant à Fliche lui-même les arguments qui vont me servir à réfuter certaines de ses assertions, je rappellerai la belle étude qu'il a consacrée aux garennes de Champfêtu (2). Comparant la flore des bois primitifs à celle des plantations récentes, il a montré que cette dernière est toujours bien plus pauvre, et nombre d'espèces ne parviennent pas à se réintroduire dans les cantons d'où elles ont été éliminées par le défrichement.

Il semble légitime d'adopter la proposition inverse, et d'affirmer que la richesse exceptionnelle de la végétation dans une garenne et la présence d'un grand nombre de plantes rares ou étrangères à la région apportent un témoignage à peu près certain de son ancien-

(1) P. Fliche : La Champagne crayeuse ; étude de géographie botanique. (*Mém. de la Soc. académ. de l'Aube*, t. XLV, 3e série, 1908).

(2) P. Fliche : Un reboisement, étude botanique et forestière. (*Ann. de la Science agronom. franç. et étrangère*, t. I, 1888).

neté. Aussi devient-il possible, lors même que tout document historique ferait défaut, de distinguer les bois primitifs de ceux qui sont dus à l'intervention de l'homme.

Dans l'étude qui va suivre, je passerai en revue les divers bois feuillus de la Champagne crayeuse, et appliquant le criterium précédent, je rechercherai si quelques-uns d'entre eux n'existaient pas déjà dès le début des temps historiques. De leurs caractères et de leur situation, il sera possible de déduire l'état du pays avant son occupation régulière par l'homme.

On peut répartir les garennes actuelles en trois groupes :

1° La plupart des témoins tertiaires disséminés non pas seulement au voisinage de la falaise de l'Ile-de-France, mais jusqu'au cœur de la Champagne pouilleuse où ils ont été conservés à la faveur de plis synclinaux (1), portent encore quelques restes de leur couverture de bois. Bien qu'ils n'appartiennent pas à la Champagne crayeuse, leur étude présente ici quelque intérêt par les réflexions que suggère leur comparaison avec certaines garennes de la craie; puis, comme il advient pour la forêt d'Othe, notamment à Auxon, et pour celles qui couvrent la Brie champenoise et la Montagne de Reims, la végétation forestière déborde parfois à leur lisière sur la craie; ainsi pourrons-nous suivre les transformations de la flore lorsqu'on passe progressivement des formations argilo-sableuses du tertiaire à la craie plus ou moins pure.

2° Au centre même de la Champagne crayeuse, il existe encore aujourd'hui, soit au sommet des plateaux (La Bardolle), soit sur le flanc des collines, à proximité de la ligne de faîte (Perthe de Plancy, Perthe de Glannes, bois de la Bouchère près Huiron) quelques garennes de feuillus ; elles reposent sur des graviers crayeux que l'on peut considérer comme des alluvions très anciennes, remontant à la première phase du creusement de nos vallées, au début de l'époque pléistocène.

3° Enfin je réunirai dans un dernier groupe les bois qui occupent la partie supérieure des vallées sèches ou les graviers crayeux de la moyenne terrasse, et je les rapprocherai de la végétation actuelle du fond des vallées avec laquelle ils sont souvent en continuité.

(1) J. Laurent et Paul Lemoine : Les lignes tectoniques de la Champagne. (*Bull. de la Soc. géol. de France,* 1912).

1° Témoins tertiaires et bordure de la falaise. — L'érosion qui a déterminé en partie le relief actuel de la Falaise de l'Ile-de-France, a respecté sur son pourtour quelques monticules, véritables témoins au soubassement de craie, que couronnent des dépôts plus récents.

Tantôt comme à Prouvais, Brimont, Berru, au Mont-Bernon, à Sarrans, Toulon-la-Montagne, Pont-sur-Seine, etc., les formations tertiaires en place ont conservé une épaisseur notable, et c'est la flore du Soissonnais, de la Montagne de Reims ou de la Brie champenoise qui les recouvre ; tantôt il ne reste sur la craie que des limons de décalcification accompagnés de débris de roches dures, silex de la craie, grès sparnaciens, meulière de Brie ou grès de Fontainebleau qui permettent d'en préciser l'origine ; c'est le cas de Moronvilliers, Vaudemanges, du Mont-Aigu près Avenay, du Mont-Aimé, du Mont-Août, de Pierre-des-Vignes près Sommesous, de la Côte-Ronde (commune de Chaudrey) et de tout le pays compris entre la forêt d'Othe et la vallée de la Seiné ; et selon l'épaisseur de ces limons, ou la flore précédente se maintient, ou bien, en raison du voisinage de la craie, elle se modifie par la disparition des espèces calcifuges ou la présence des calcicoles exclusives.

Dans le premier cas, le Chêne prédomine avec les deux types associés, *Q. pedunculata* Ehrh. et *Q. sessiliflora* Sm. ; on y rencontre tout aussi fréquemment le Hêtre (*Fagus silvatica* L.), le Charme (*Carpinus Betulus* L.), le Bouleau (*Betula alba* L.), l'Orme (*Ulmus campestris* L.), le Frêne (*Fraxinus excelsior* L.) et çà et là le Châtaignier (*Castanea vulgaris* Lam.) et divers Sorbiers : *Sorbus Aria* Crantz, *S. torminalis* Crantz, et leur hybride *S. Aria-torminalis*. Dans les arbustes il suffira de signaler *Daphne-Mezereum* L., et parmi les plantes herbacées : **Aquilegia vulgaris* L., **Actæa spicata* L., **Arabis sagittata* DC., **Malva Alcea* L., *Vicia pisiformis* L., *Lathyrus silvestris* L., *Astragalus glycyphyllos* L., *Laserpitium latifolium* L., *Peucedanum alsaticum* L., *Serratula tinctoria* L., *Campanula Trachelium* L., *Vaccinium Myrtillus* L., *Calluna vulgaris* Salisb., *Erythræa Centaurium* Pers., *Pulmonaria angustifolia* L., **Digitalis lutea* L., *Digitalis purpurea* L., **Betonica officinalis* L., **Teucrium Scorodonia L.*, **Melittis Melissophyllum* L., **Euphorbia silvatica* L., *Thesium divaricatum* Jan., * *Mercurialis perennis* L., **Polygonatum vulgare* Desf., *P. multiflorum* All., * *Convallaria maialis* L., *Limodorum abortivum* Sw.,

**Iris fœtidissima* L., *Melica uniflora* Retz., *Pteris aquilina* L., *Polystichum Filix-mas* Roth., *Polypodium vulgare* L.

Quand l'épaisseur des limons diminue et que le sol devient de plus en plus sec et s'enrichit en calcaire, on voit disparaître le Châtaignier, le Chêne pédonculé, les Bruyères et le Myrtil, et parfois aussi les Fougères; les arbres prédominants sont alors le Chêne sessile, le Hêtre et les Sorbiers, avec *Daphne Mezereum, Vincetoxicum officinale* Mœnch., et les espèces de la liste précédente qui sont marquées d'un astérisque.

Enfin, lorsqu'on atteint la craie, certains arbres deviennent rabougris ou chlorotiques, comme on l'observe à Pont-sur-Seine pour *Sorbus Aria* et *Fagus silvatica*; à *Q. sessiliflora* Sm. aux feuilles laciniées s'adjoint *Q. pubescens* Willd., et la végétation herbacée présente à la lisière des bois *Helleborus fœtidus* L., *Thalictrum collinum* Wallr., *Peucedanum Cervaria* Lap., *Pyrethrum corymbosum* G. et G., qu'accompagne toute la flore des savarts.

Ces exemples d'extension sur la craie de la végétation forestière avoisinante sont fort nombreux et je les ai observés notamment à Auxon, Montgueux, dans les bois du Vignot, de Lussin, de Grosmont, de Fays, de Vamprin, à Pont-sur-Seine, au Mont-Août, à la Perthe d'Ambonnay, à Trépail, Villers-Marmery, Germaine etc; mais dans la plupart des cas, ils s'expliquent facilement par la présence, à la surface de la roche crayeuse de traces de limons qui ont permis l'implantation des espèces arbustives; et bien souvent la végétation maladive de ces dernières vient à l'appui des opinions de Fliche sur l'impossibilité pour elles de s'adapter aux sols de craie.

2° Garennes des terrasses supérieures des vallées champenoises. — Il n'en est plus de même pour les bois qui vont suivre :

Le bois de la Bardolle, sur lequel j'ai déjà publié une courte notice (1), est situé au sud de Châlons-sur-Marne, entre Nuisement-sur-Coole et Chéniers; il repose sur des graviers crayeux, au sommet d'un plateau qui domine d'une cinquantaine de mètres la vallée voisine de la Coole, dans des conditions qui excluent toute hypothèse de formations tertiaires à sa surface.

Quercus sessiliflora Sm. en est l'essence dominante avec *Q. pubes-*

(1) J. Laurent: Le Bois de la Bardolle, contribution à la géographie botanique de la plaine de Champagne. *(Bull. de la Soc. bot. de France*, 1909).

cens Willd., *Sorbus Aria* Crantz, et quelques arbustes tels que *Colutea arborescens* L., *Rhamnus catharticus* L., *Evonymus europæus* L., etc. Les plantes herbacées ou semi-ligneuses sont surtout intéressantes, en particulier *Rubus saxatilis* L., *Coronilla montana* Scop., *Geranium sanguineum* L., *Pyrethrum corymbosum* G. et G., *Mercurialis perennis* L., *Polygonatum vulgare* Desf., toutes espèces qu'on ne rencontre pas habituellement en Champagne pouilleuse. Plusieurs d'entre elles donnent même à cette flore un caractère à la fois archaïque et méridional, soit qu'on puisse les considérer, et c'est le cas de *Coronilla montana*, comme des espèces en voie de disparition, soit qu'on les rencontre habituellement dans des stations plus chaudes, telles sont *Geranium sanguineum* et *Pyrethrum corymbosum*.

Au reste, l'ancienneté du bois de la Bardolle, dont il ne reste plus aujourd'hui que des lambeaux, se trouve confirmée par des documents historiques qui remontent à l'année 1364, et les anciennes cartes des XVII^e^ et XVIII^e^ siècles lui font occuper la presque totalité du plateau compris entre Chéniers, Nuisement-sur-Coole et Thibie.

La garenne de la Perthe est située sur le territoire de l'Abbaye-sous-Plancy, à proximité de la ferme de la Perthe ; comme le bois de la Bardolle, elle repose sur des graviers crayeux s'étendant, sans discontinuité, du sommet du plateau qui domine la ferme vers le sud jusqu'au fond d'un vallon asséché qui vient aboutir à la grande vallée de l'Aube.

Le Chêne (*Q. sessiliflora* Sm. et *Q. pubescens* Willd) est à peu près le seul arbre de la garenne ; au pied formant taillis sont des arbustes tels que *Rosa pimpinellifolia* L., *R. spinosissima* L., *Rhamnus catharticus* L., *Evonymus europæus* L., *Ribes rubrum* L., etc. ; quant à la surface du sol, elle est en partie couverte par *Asarum europæum* L., laissant place seulement à quelques colonies d'*Anemone silvestris* L., de *Fragaria collina* Ehrh., *Mercurialis perennis* L., *Polygonatum vulgare* Desf., *Convallaria maialis* L., ou à des individus plus ou moins isolés de *Ranunculus nemorosus* DC., *Arabis sagittata* DC., *Malva Alcœa* L., *Valeriana silvestris* L., *Inula salicina* L., *Serratula tinctoria* L., *Campanula Trachelium* L., *Lithospermum officinale* L., *Betonica officinalis* L., etc. ; et c'est seulement à la lisière que se montrent *Helleborus fœtidus* L., *Geranium sanguineum* L., *Pyrethrum corymbosum* G. et G., *Vincetoxicum officinale* Mœnch.

Anemone silvestris est une espèce à aire disjointe, probablement en voie de disparition dans nos contrées ; *Asarum europæum* n'existe guère au voisinage ; les stations les plus proches sont Moslins, Sarrans et Fleury-la-Rivière, dans la Marne ; la plante est également fort rare dans le département de l'Aube et il faut remonter jusqu'à Auberive (1), dans la haute vallée de l'Aube, pour la rencontrer abondamment à l'état sauvage dans des bois qui reposent sur les calcaires jurassiques ; enfin d'autres espèces citées sont à peu près inconnues en Champagne ; leur introduction par l'homme est fort peu vraisemblable et il est plus satisfaisant de considérer la flore de la Perthe comme une flore très ancienne, peut-être à peine plus récente que les graviers sur lesquels elle repose, et qui a pu se maintenir jusqu'alors, grâce à l'abri que lui offrait la végétation ligneuse.

Cette opinion se trouve confirmée par des documents historiques que je dois à l'obligeance de M. le Comte de Plancy (2) et qui permettent d'affirmer qu'au début du XVI^e^ siècle la garenne occupait même situation et même étendue qu'aujourd'hui. Il résulte en effet, d'un aveu rendu par Claude de la Croix, seigneur de Plancy, au roi François 1er, le 15 mars 1521, puis confirmé à son successeur Henri II le 1er mars 1549, que la garenne de la Perthe contenait alors 26 arpents, soit environ 11 hectares, et Henri de Guénégaud, Secrétaire d'État de Louis XIV, la décrivait dans les mêmes termes au XVIIe siècle. Au reste, la forme rectangulaire qu'elle affecte aujourd'hui résulte, à n'en pas douter, d'un défrichement opéré tout autour, car on rencontre encore çà et là, au milieu des pineraies voisines, de petits massifs de feuillus au milieu desquels ont pu se maintenir quelques individus de *Polygonatum vulgare* et de *Convallaria maialis* ; et c'est au pied même de ce petit massif forestier que s'était établi un village fort important au moyen-âge, le village de Hondevilliers, dénommé aussi la Perthe, (d'un mot celtique Pertha qui signifie buisson, petit bois) et où se tenait, à la Madeleine, une foire célèbre qui fut transférée à Plancy en 1273.

Le bois de la Perthe de Glannes est situé sensiblement à mi-chemin entre la ferme de la Perthe et la cense de Blacy, à deux

(1) L. Hémet : Notes de géographie botanique sur l'est du département de l'Aube, Rennes, 1908.

(2) Baron G. de Plancy : Le Marquisat de Plancy et ses seigneurs, Arcis-sur-Aube, 1895.

kilomètres environ au sud-ouest de cette dernière. Il est perdu, pour ainsi dire, au milieu des pineraies et repose, comme les précédents, sur des graviers crayeux légèrement rubéfiés et mélangés d'humus, recouvrant, immédiatement au-dessous de la ligne de faîte, les flancs d'une colline dont l'altitude est d'environ 200 mètres.

Le Chêne (*Q. sessiliflora* Sm.) n'est plus ici l'essence exclusive, il vient s'y adjoindre d'autres arbres, notamment *Sorbus Aria* Crantz, *Sorbus torminalis* Crantz, *Acer campestre* L., *Fagus silvatica* L., *Ulmus campestris* L. Au-dessous, on retrouve les mêmes arbustes qu'à la Perthe de Plancy, les *Viburnum Opulus* L. et *V. Lantana* L., les *Rhamnus catharticus* L., et *Rh. Frangula* L... il vient s'y ajouter une espèce nouvelle *Daphne Mezereum* DC. en pieds nombreux et vigoureux. Parmi les plantes herbacées du sous-bois je relèverai *Actæa spicata* L., *Aquilegia vulgaris* L., *Arabis sagittata* DC., *Malva Alcæa* L., *Valeriana silvestris* L., *Vincetoxicum officinale* Mœnch., *Digitalis lutea* L., *Scrofularia nodosa* L., *Melampyrum pratense* L., *Teucrium Scorodonia* L., *Euphorbia silvatica* L., *Mercurialis perennis* L., *Polygonatum vulgare* Desf., *Convallaria maialis* L.

La garenne était jadis plus étendue, la partie occidentale a été défrichée il y a un siècle environ, et on n'en a conservé que des rideaux parallèles à la ligne de faîte, dans le but d'empêcher le ravinement par les eaux de ruissellement. C'est à la naissance de l'un de ces rideaux, au voisinage même du bois de Chênes, que j'ai pu retrouver, avec M. Maury, une petite colonie de *Pteris aquilina* L., déjà signalée par M. Charpentier.

Cette fougère se présente en pieds vigoureux, atteignant 2 mètres de hauteur, dans un sol exclusivement crayeux, formé de graviers de craie de plusieurs mètres de profondeur avec un sous-sol de craie compacte. Au contact même des racines, la terre fine renferme 48,5 °/₀ de calcaire et la dose s'élève jusqu'à 57,8 °/₀ dans la terre pulvérisée. Seuls, les quelques individus développés en dehors de l'abri des arbustes, sont rabougris et chlorotiques, comme on l'observe habituellement à la lisière des bois, même en terrain siliceux. Ce n'est pas la seule station de *Pteris aquilina* de la Champagne pouilleuse, et j'en ai signalé, récemment, deux autres dont j'ai pu préciser l'origine (1).

(1) J. Laurent : Les Fougères de la Champagne crayeuse. (*Bull. de la Soc. d'ét. des sc. nat. de Reims*, 1913).

La partie défrichée du bois de la Perthe a été maintenue en culture pendant quelque temps, mais depuis une cinquantaine d'années, elle est restée en friche et ramenée à la condition de savart. Comme à la Bardolle et à la Perthe de Plancy, le contraste est absolu entre la végétation de la garenne et celle du savart avoisinant ; autant la première laisse une impression de fraîcheur et de fertilité, autant la seconde indique un milieu sec et stérile ; les plantes ne parviennent plus à recouvrir toute la surface du sol, elles ne forment que des associations ouvertes, et la plupart de celles qui croissaient sous le couvert des feuillus, ont complètement disparu ; on ne trouve plus ainsi que les espèces habituelles de la Champagne pouilleuse : des touffes isolées de *Festuca duriuscula* L., quelques colonies d'*Hieracium Pilosella* L., de *Thymus Serpyllum* L., de *Brachypodium pinnatum* P B., puis des individus disséminés d'*Iberis amara* L., *Alyssum calycinum* L., *Isatis tinctoria* L., *Silene inflata* Sm., *Anthyllis Vulneraria* L., *Alchemilla arvensis* Scop., etc.

La végétation ligneuse n'envahit pas le savart et la reconstitution de l'ancien bois serait, sans doute, fort difficile.

De telles différences dans la constitution du tapis végétal ne peuvent résulter que de variations importantes dans les conditions de milieu. On sait (1) que la température moyenne annuelle est un peu plus basse en forêt qu'en terrain découvert ; il y fait moins chaud en été et un peu moins froid en hiver ; la couverture morte augmente d'environ 20 pour cent le taux d'humidité du sol, et avec un plus faible éclairement, la transpiration par les feuilles se trouve sensiblement atténuée ; aussi, comme les grandes forêts, nos garennes champenoises servent-elles de refuge à diverses plantes ombrophiles ou même d'affinités septentrionales comme *Anemone silvestris, Actæa spicata, Rubus saxatilis, Daphne Mezereum, Euphorbia silvatica,* tandis que les espèces à tendances méridionales comme *Geranium sanguineum, Coronilla montana, Pyrethrum corymbosum* y sont localisées à la lisière. Dans le savart au contraire on peut rencontrer, dans un ensemble essentiellement xérophyte, divers types qui ont leur centre de dispersion au sud de nos contrées, comme *Coronilla minima, Euphorbia Gerardiana,* etc., et les espèces d'origine septentrionale ont entièrement disparu.

(1) E. Henry : Les sols forestiers, 1908.

Sur le territoire de Huiron, la garenne connue vulgairement sous le nom de la Bouchère, et que le plan cadastral qualifie de Bois de la Bussière rappelle très exactement, par sa flore et sa situation topographique, le bois de la Perthe de Glannes dont elle n'est distante que de cinq kilomètres. Elle occupe en effet, au-dessus de la route de Huiron à Humbeauville, à moins d'un kilomètre au sud de la Cense de la Borde, des graviers crayeux fortement rubéfiés qui s'élèvent presque au sommet d'une colline de 200 mètres d'altitude. Le bois était jadis plus étendu, et l'on retrouve encore quelques Chênes dans les pineraies qui l'entourent ; ainsi la flore ne diffère pas sensiblement de celle du bois de la Perthe et les considérations développées plus haut s'y appliquent entièrement.

Comme la majeure partie des territoires de Glannes, Huiron et Courdemanges, les bois de la Perthe et de la Bouchère rentraient dans les domaines de l'abbaye de Huiron (1) et il en est fait mention dans les titres de la dite abbaye. Ainsi l'abbé François Viart, avocat au Parlement, se voyait contraint en 1587 d'aliéner la garenne de la Perthe consistant en 26 journels (9 hectares), et l'un de ses successeurs Florent Bodineau, la rachetait en 1649 ; nous savons aussi que le 4 février 1669, l'abbé cédait aux religieux la jouissance de la moitié de la garenne de la Borde se réservant à lui-même le droit de chasse. Cette dernière est aujourd'hui défrichée mais il est fait état de la garenne de la Bouchère en 1750, dans un partage des territoires communs aux deux paroisses de Huiron et Courdemanges.

Malgré leur éloignement les unes des autres, les quatre garennes que nous venons d'étudier, les seules connues actuellement sur la terrasse supérieure, témoignent, par la parenté de leur flore, de leur communauté d'origine ; elles se rattachent à la fois aux bois primitifs des limons tertiaires voisins de la craie avec lesquels elles ont nombre d'espèces communes et aux bois des calcaires jurassiques de la Haute-Marne et de l'Aube.

3° Garennes de la moyenne terrasse et du fond des vallées sèches. — La flore est infiniment moins riche dans les bois qui

(1) A. de Barthélemy : Abbaye de Huiron. Description topographique et historique du village et abbaye de Huiron. (*Revue de Champagne et de Brie*, t. II et V, 1re série).

occupent soit le fond des vallées sèches, soit la terrasse moyenne de nos vallées humides. Le bois du Bauchet, près Châlons-sur-Marne, dans la haute vallée du Mau, un petit ruisselet qui a peine à gagner la Marne, peut être choisi comme type.

La végétation forestière comprend, parmi les arbres, *Quercus pedunculata* Ehrh., *Carpinus Betulus* L., *Betula alba* L., *Acer campestre* L., *Fraxinus excelsior* L., *Ulmus campestris* L. ; les arbustes sont également sans intérêt : *Viburnum Opulus* L., et *V. Lantana* L., *Cornus Mas* L., *Evonymus europæus* L., *Cerasus Mahaleb* Mill. etc. Quant aux plantes herbacées, elles sont des plus banales et je relèverai simplement *Anemone nemorosa* L., *Ranunculus auricomus* L., *Arabis sagittata* DC., *Sisymbrium Alliaria* Scop., *Anthriscus silvestris* Hoffm., *Stachys silvatica* L., *Lithospermum officinale* L., *Ornithogalum pyrenaicum* L., *O. umbellatum* L., *Orchis purpurea* Huds., *Ophrys muscifera* Huds,, *Listera ovata* R. Br., *Poa nemoralis* L.

A Vassimont où se trouvent encore des restes d'un bois de Hêtres défriché au cours du XIX[e] siècle, à la Cense des Prés où le Hêtre est également prédominant, la flore ne paraît guère plus riche ; mais dans les garennes de Droupt-Saint-Basle, M. Hariot (1) a signalé *Geranium sanguineum* L., *Helianthemum vulgare* Gaertn., *Jasione montana* L., ce qui laisse supposer qu'elles rentrent plutôt dans la catégorie précédente.

Il existe même quelques bois que la pauvreté de la flore permet de considérer comme plantés à une époque relativement récente, tels sont le bois de l'Ermitage, entre Bouy et La Veuve, celui de la haute vallée du Mont, près Vassimont, et même les bois de Chênes des Grands et des Petits Bellois sur les territoires de Saint-Souplet-sur-Py et Dontrien, bien qu'ils figurent déjà sur la carte de Cassini.

II. Documents relatifs à d'anciens bois défrichés.

Mes recherches relatives à d'anciens bois ont été fort limitées ; elles m'ont permis cependant de retrouver un certain nombre de garennes qui, pour la plupart, ont été défrichées au moment de la Révolution.

(1) L. Hariot et P. Hariot : Flore du Canton de Méry-sur-Seine. (*Mém. de la Soc. académ. de l'Aube*, 1873).

La carte de Cassini en mentionne déjà quelques-unes en dehors de la Bardolle et de la Perthe de Plancy à Feuges, Ossey-les-Trois-Maisons, Villers-aux-Corneilles, Normée, Vassimont, Mairy-sur-Marne, Souain, Perthe-les-Hurlus, autour de Sommepy, à Pontfaverger (Bois de Beine et Bois Malval), entre Aussonces et la ferme de Merlan, et de plusieurs d'entre elles, il reste encore quelques broussailles ou même quelques Hêtres ; puis le plan cadastral conserve des indications de lieuxdits fort caractéristiques, les Essertés sur le territoire de Saint-Ouen, l'arbre de la Perthe et la Garenne, à Mailly-le-Camp, la Garenne-Marteau, la garenne Jean-Claude, à Vassimont, la garenne de la Perthe et le bois de l'Hôpital, à Mairy-sur-Marne, celle d'Econval, à Auve et nombre d'autres sur les territoires de Châtel-Raould, Marson, Baconnes, Vadenay, Perthe-les-Hurlus, Sommepy, Saint-Etienne à Arne, Lavannes, Warmériville, etc.

A Mairy-sur-Marne, la Garenne de la Perthe fut défrichée sans doute vers la fin du XVIII[e] siècle et mise en culture; une ferme importante occupait son emplacement ; mais depuis plus d'un demi-siècle les terres de la ferme ont été transformées en pineraies ; il s'y trouve encore aujourd'hui un Tilleul et 9 Hêtres certainement plantés puisqu'ils sont disposés en ligne droite ; l'un des Hêtres atteint 4 m. 50 de circonférence à la base avec de grosses branches pendantes dont quelques-unes viennent s'enraciner dans le sol ; un arbre voisin, abattu par la foudre il y a 25 ans, fut vendu 300 francs ; il comptait plus de 200 couches annuelles et l'on peut ainsi évaluer l'âge actuel à 250 ans. Sous ces gros arbres, connus dans le pays sous le nom de « coquefichiers », on remarque l'épaisseur de la couverture morte qui permet l'épanouissement de colonies d'*Amanita solitaria* et au voisinage, à l'ombre des Pins, l'ancien bois de Hêtres est en voie de reconstitution. Si l'on peut éviter l'intervention maladroite de l'homme, au siècle prochain la garenne de feuillus aura réapparu, mais au pied des arbres on ne retrouvera pas la végétation primitive dont il ne reste plus trace.

Selon la tradition, les combles de la cathédrale de Reims, après l'incendie qui les détruisit le 24 juillet 1481, furent reconstruits en bois de Châtaignier que l'on tira de Livry-sur-Vesle selon les uns, et selon d'autres du territoire voisin des Grandes-Loges. Comme pour la cathédrale de Troyes, il n'est pas douteux qu'on a confondu

ici le Châtaignier avec le Chêne blanc ou Chêne sessile qui seul pouvait se développer sur la craie, et la désignation de Livry-sur-Vesle nous porte à penser que le Mont de Billy, et derrière lui le plateau de la Cruzette sur lesquels on peut rencontrer encore quelques débris tertiaires, ont perdu à cette époque les bois qui vraisemblablement les recouvraient jadis. Le bois de la Perthe d'Ambonnay exploré vers 1830 par Et. Saubinet, défriché depuis, et transformé en vignoble, devait présenter les mêmes caractères et la végétation forestière s'était étendue sur la craie pure, grâce à des limons tertiaires qui la recouvraient sur une très faible épaisseur.

Enfin, parmi les documents historiques, je rappellerai l'aveu et dénombrement de la terre de Plancy mentionné plus haut et qui signale en dehors de la garenne de la Perthe « un autre gagnage « contenant 32 arpents de bois ou environ assis au-dessous de la « dite garenne et au milieu du gagnage du grand Bois ; une autre « garenne assise au-dessus des Vignes de Plancy contenant « 10 arpents ; une garenne jurée à Champfleury contenant 30 ar- « pents ; et enfin un bois et garenne appelé le gros Buisson de Bon- « nevoisine. »

Le dépouillement méthodique des archives fournirait vraisemblablement quantité de documents du même ordre attestant la fréquence des garennes anciennes dans toute l'étendue de la Champagne pouilleuse.

III. Documents archéologiques.

Plus qu'aucune autre contrée de la France, la Champagne crayeuse a fourni des documents de première importance sur la civilisation gauloise. Autour de Reims, où s'est manifestée davantage l'activité des archéologues, c'est par centaines qu'on compte les cimetières gaulois : plus de mille sépultures ont été fouillées sur le territoire d'une même commune, et le mobilier qu'on en a extrait fait aujourd'hui la richesse du British Muséum (Collection Morel), du musée de Saint-Germain (collections Fourdrignier et de Baye), et du Musée de Reims (collections Habert et Bosteaux).

Tous ces cimetières occupent sensiblement la même situation topographique, à flanc de coteau un peu au-dessous de la ligne de faîte, ou sur le sommet des plateaux les moins élevés ; un certain

nombre reposent sur la craie compacte, mais la plupart sont établis sur des graviers crayeux.

A l'époque de Hallstadt et pendant la période qualifiée de *marnienne* et qui correspond à l'ensemble de la Tène I et de la Tène II, les squelettes étaient enfouis à une profondeur d'environ 0 m., 70 et recouverts, quand ils occupent les graviers crayeux, d'une couche épaisse de « *terre noire* » caractéristique au sujet de laquelle on a émis les hypothèses les plus fantaisistes. Alors que l'humus fait toujours défaut dans les savarts, il forme une couche épaisse dans les bois de la terrasse supérieure, et précisément la « terre noire » des tombes gauloises ressemble étrangement à celle de la Bardolle et de la Perthe de Plancy ! Puis, au voisinage des cimetières, se rencontrent des fosses garnies de cendres ou de terre noire qu'on qualifie de foyers gaulois ; les unes sont des foyers véritables et renferment, avec les cendres, des débris charbonneux ; d'autres ont une signification plus obscure ; dans les unes et les autres on rencontre parfois de nombreuses coquilles de Mollusques : *Helix nemoralis* L., *H. ericetorum* Müll., *H. fruticum* Müll., *Cyclostoma elegans* Drap., *Balea perversa* L. ; si plusieurs de ces espèces n'ont rien de caractéristique, le Cyclostome se montre surtout dans les buissons, et *Balea perversa* dans la mousse des arbres ; leur abondance au même point laisse supposer que certains prétendus foyer ne sont peut-être que d'anciennes souches au pied desquelles les mollusques venaient hiverner. Ainsi peut-on penser que nombre de cimetières gaulois se trouvaient établis soit dans les clairières, soit à la lisière de nos garennes champenoises dont l'humus servait naturellement à l'ensevelissement des cadavres.

Avec l'hypothèse de la steppe champenoise, il nous faut, tout au contraire, faire intervenir à chaque inhumation, un transport à grande distance d'une terre spéciale, sans qu'aucun indice puisse nous laisser soupçonner son origine ; et l'on ne comprendrait pas qu'un tel rite ait été omis pour certains guerriers ou mieux dans certains cimetières (ceux qui reposent sur la craie) dont le mobilier funéraire n'en est pas moins d'une grande richesse.

Nous sommes donc autorisés à supposer que, le plus souvent, nos ancêtres, armés en guerre et couverts de leurs plus riches parures, étaient enfouis au pied des Chênes, arbres sacrés ; ainsi une carte donnant la distribution géographique des cimetières gaulois s'éloi-

gnerait sans doute assez peu d'une carte forestière de la Champagne à l'époque celtique.

Conclusions.

A la fin des temps tertiaires, la Champagne actuelle, avec la plus grande partie du bassin de Paris, constituait une vaste pénéplaine dont le pays d'Othe, la Brie champenoise et la montagne de Reims sont les derniers témoins.

Les phénomènes de surrection et de plissement qui se sont produits vraisemblablement au pliocène supérieur, en accentuant le relief, principalement dans l'axe des anticlinaux, ont permis l'établissement d'un régime hydrographique assez voisin du régime actuel, et la craie ravinée a fourni les matériaux des graviers crayeux qui se sont accumulés dans le fond de ces vallées primitives. En raison de l'humidité du sol, la végétation forestière a pu s'y implanter avec le Chêne sessile, le Hêtre, divers Sorbiers et, à leur pied, le *Daphne Mezereum* et le Dompte-Venin, la Valériane, la Digitale jaune, l'Euphorbe des bois, le Muguet et le Sceau de Salomon *(P. vulgare)*.

Puis une nouvelle phase de creusement, conséquence d'un relèvement du continent, a démantelé ces graviers, laissant à flanc de coteau des lambeaux qui constituent aujourd'hui la terrasse supérieure ; nos rivières ont étalé dans le fond des vallées une seconde nappe d'alluvions dans laquelle on peut récolter, quoique bien rarement, des instruments de l'époque paléolithique ; une flore quelque peu différente de la précédente s'y est établie ; le Hêtre était prédominant, il était accompagné du Chêne pédonculé, de l'Érable champêtre, de l'Orme, du Frêne ; la végétation herbacée comprenait, comme aujourd'hui, *Anemone nemorosa*, *Ranunculus auricomus*, *Stachys silvatica*, *Ornithogalum pyrenaicum*, *Polygonatum multiflorum*.

Nous arrivons enfin à l'approfondissement final de nos vallées, et la dernière nappe de graviers, d'âge néolithique, est venue conditionner toutes les tourbières actuelles. Ainsi les deux faits les plus importants de la géographie botanique de la Champagne crayeuse, les garennes anciennes et les tourbières récentes, sont sous la dépendance étroite des graviers crayeux.

Mais ce creusement progressif a déterminé un abaissement

continu du niveau de la nappe phréatique ; tant que l'homme n'est pas intervenu, les graviers quaternaires de la terrasse supérieure, dont les cartes géologiques actuelles laissent à peine soupçonner la répartition, ont conservé leur végétation arbustive, et l'on peut dire que la flore actuelle de la Bardolle, de la Perthe de Plancy ou de la Perthe de Glannes est véritablement une flore quaternaire.

L'occupation romaine parut marquer, en Champagne comme dans le reste de la Gaule, une époque d'importants défrichements ; le sol trop perméable permettait rarement aux bois de se reconstituer, et c'est alors, sans doute, que la végétation des steppes, limitée jusqu'ici aux affleurements de la craie pure, s'est étendue à la presque totalité du pays.

Les quelques garennes échappées à la destruction furent conservées, pour la plupart, dans les biens ecclésiastiques ou dans les domaines seigneuriaux, et c'est seulement à la Révolution qu'elles furent mises à l'encan et défrichées aussitôt. Sans le hasard qui a permis la préservation des massifs que nous avons décrits et qui, à eux quatre, couvrent à peine une vingtaine d'hectares, nous n'aurions peut-être jamais soupçonné l'aspect que présentait la Champagne au début des temps historiques. Ils sont là comme les témoins d'un autre âge et, dans notre province si pauvre en curiosités naturelles, peut-être mériteraient-ils la protection qu'en d'autres contrées on s'efforce d'accorder aux derniers débris des flores en voie de destruction ! (1)

(1) M. Maury, Correspondant du Muséum, m'a fourni des documents importants et m'a accompagné dans un grand nombre d'excursions à travers la Champagne ; M. Devauversin m'a communiqué également des renseignements précieux sur les flores du Mont-Aout et de la Perthe de Plancy; je tiens à leur exprimer ici toute ma gratitude.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 15

En haut : *Le bois de la Bardolle.* — Au premier plan, le savart avec sa végétation discontinue ; en arrière, à droite, le bois de Chênes, et à gauche la pineraie dans laquelle se propage *Coronilla coronata.*

En bas : *Les « coquefichiers » de Mairy-sur-Marne (Fagus silvatica).* — Dans le fond, pineraie avec quelques Bouleaux provenant de semis naturels. Il s'y développe de jeunes Hêtres qui reconstitueront peu à peu l'ancienne garenne.

J. LAURENT del. BERTIN et Cie sc.

Carte forestière de la Champagne crayeuse.

I. MATOT PHOT.

Le Bois de la Bardolle

A. GILBIN PHOT.

Les " coquefichiers " de Mairy-sur-Marne

E. LE DELEY, IMP.

REMARQUES SUR LA FLORAISON
DE QUELQUES ESPÈCES DE LIGULIFLORES

par M. Paul LEBARD.

La floraison correspond chez une plante à l'état ultime de son évolution annuelle. Pour certains végétaux cette époque se confond avec l'état adulte ; les réserves accumulées dans les divers organes étant consommées lors de la maturation des graines, la plante meurt après cette maturation.

J'ai pensé qu'il pouvait être intéressant d'étudier la floraison dans un même groupe botanique : les *Liguliflores* ou *Chicoracées.*

J'envisagerai successivement :

1° La *période de floraison,* c'est-à-dire le laps de temps nécessaire à la floraison de tous les capitules d'une même plante.

2° L'*époque de floraison,* caractérisée par l'épanouissement du premier capitule.

I. — Période de floraison.

Chez toutes les Liguliflores, au début du développement, les feuilles restent groupées en rosette. Cet état subsiste dans certaines espèces (*Hieracium Pilosella* L., *Taraxacum Dens-leonis* L., etc.) ;

chez d'autres (*Lampsana communis* L., *Hieracium umbellatum* L., etc.), des entre-nœuds plus allongés apparaissent ensuite et donnent naissance à une véritable tige feuillée, tandis que la rosette primitive se flétrit et disparaît.

La division des Chicoracées en deux groupes : Chicoracées à rosette et Chicoracées à tige, qui peut être ainsi faite, est corrélative, comme nous allons le voir, de différences dans l'allure que présente la période de floraison.

Les types de la première catégorie ont des capitules peu nombreux, isolés, et portés chacun sur une hampe florifère en général distincte. Ces sortes de pédoncules floraux ont la valeur morphologique de tiges et prennent naissance soit au centre de la rosette, soit latéralement, à l'aisselle d'une feuille. Dans tous les cas, la croissance de la rosette reste indéfinie, soit qu'il se développe des bourgeons secondaires évoluant en nouvelles rosettes, soit que le bourgeon terminal continue lui-même à fournir de nouvelles feuilles très rapprochées, tandis que disparaissent les feuilles les plus externes, c'est-à-dire les plus âgées.

La rosette conservant une vitalité toujours aussi jeune, on conçoit que sa fonction physiologique, par laquelle elle contribue pour une forte part à l'élaboration des réserves nécessaires à la formation des fruits, demeure indéfinie. Ceci explique pourquoi les plantes à rosette présentent dans la nature une période de floraison très étendue. Tant que les conditions climatériques sont favorables, on assiste à l'éclosion de nouveaux boutons floraux tandis que les anciens se dessèchent après avoir mûri leurs graines. Au surplus, il est très constant qu'après la floraison d'une certaine série de capitules il s'écoule un laps de temps variable avant l'évolution et l'épanouissement des capitules suivants. Je traduirai ce fait en disant qu'il y a discontinuité dans la période de floraison ou bien encore que la plante présente plusieurs floraisons successives.

En résumé, les Chicoracées à rosette qui peuvent développer au cours de leur évolution annuelle un assez grand nombre de capitules, mais qui n'en présentent toujours à la fois que très peu en fleurs, seront caractérisées par une floraison de longue durée et discontinue, ou autrement dit par plusieurs floraisons successives plus ou moins rapprochées.

Chez les Chicoracées à tige, au contraire, les capitules sont bien plus nombreux et les plus jeunes existent au moins à l'état de bouton au moment du début de la floraison. On conçoit alors que l'épanouissement de tous ces capitules puisse se produire dans un temps relativement restreint : la période de floraison sera donc dans ce cas plus courte que chez les Chicoracées à rosette, et de plus, elle sera ininterrompue.

Entre les deux groupes de Chicoracées ci-dessus indiqués, l'*Hypochœris radicata* L. et le *Hieracium murorum* L. permettent d'établir des liaisons.

La première espèce, qui par la disposition très rapprochée de ses feuilles rentre nettement dans la catégorie des Chicoracées à rosette, ne présente pendant toute la période de floraison qu'un nombre restreint (rarement plus de deux) de hampes florales. Ces dernières évoluent en général en même temps, sont assez allongées, ramifiées et portent d'assez nombreux capitules. On observe, par suite, une floraison moins étendue et moins discontinue que chez les autres Chicoracées à rosette.

Inversement, le *Hieracium murorum* L., par ses tiges souvent au nombre de deux à trois sur un même pied et par ses feuilles persistantes à la base quand la plante fleurit, établit une transition vers les Chicoracées à rosette.

II. — Époque de floraison.

Comme on vient de le voir, le simple examen des plantes dans la nature a suffi pour l'étude de la période de floraison, mais il est nécessaire, en ce qui concerne l'époque de floraison, d'avoir recours à des cultures expérimentales. Il s'agit, en effet, de noter exactement la date d'épanouissement du premier capitule et de comparer ensemble les divers résultats obtenus. Ce but sera évidemment atteint en n'opérant que sur des espèces de même âge et ayant poussé dans des conditions de milieux identiques.

Les observations ont porté sur des individus obtenus à partir de la germination de l'akène. Les semis effectués en serre chaude au début d'avril ont été repiqués dans de grands pots aussitôt après l'apparition de la quatrième feuille.

RELATION DE L'ÉPOQUE DE FLORAISON AVEC LE MODE DE VÉGÉTATION ET LA DURÉE DE VÉGÉTATION

Nous avons vu dans le chapitre précédent qu'au mode de végétation de la plante (c'est-à-dire le fait de présenter une rosette persistante ou une tige feuillée) se rattachaient deux types principaux de période de floraison. C'est après avoir fait cette constatation que j'ai eu l'idée de faire intervenir le facteur végétation dans l'étude de l'époque de floraison. Les résultats, avant si incoordonnés, se sont classés et m'ont permis d'établir pour l'époque de floraison des relations 1° avec le mode de végétation, 2° avec la durée de végétation.

Pour rendre ces rapports plus nets, j'ai classé dans le tableau I les espèces étudiées d'après l'ordre d'épanouissement du premier capitule ; en regard de chaque espèce et dans trois colonnes différentes, j'ai indiqué successivement le mode de végétation, la durée de végétation et l'époque de floraison.

Un double trait transversal sépare dans le tableau les espèces en deux groupes :

1° Un groupe à floraison précoce comprenant les espèces à rosette au milieu desquelles s'intercalent les espèces annuelles pourvues d'une tige.

TABLEAU I

ESPÈCES	MODE DE VÉGÉTATION	DURÉE DE LA VÉGÉTATION	ÉPOQUE DE FLORAISON
Hypochœris glabra, L........	Rosette	annuelle	90me jour
Taraxacum Dens-leonis, L....	—	vivace	95me —
Hieracium Pilosella, L........	—	vivace	100me —
Thrincia hirta, Roth.........	—	vivace	101me —
Sonchus oleraceus, L.........	Tige	annuelle	101me —
Lampsana communis, L.......	—	annuelle	101me —
Crepis virens, L...............	—	annuelle	103me —
Leontodon hispidus, L........	Rosette	vivace	110me —
Leontodon autumnalis, L......	—	vivace	111me —
Helminthia echioides, Gærtn..	Tige	annuelle	111me —
Hypochœris radicata, L......	Rosette	vivace	116me —
Hieracium murorum, L.......	Tige	vivace	126me —
Barkhausia setosa, D. C......	—	bisannuelle	132me —
Lactuca Scariola, L..........	—	bisannuelle	142me —
Phænopus muralis, Co. et G...	—	vivace	147me —
Hieracium umbellatum, L.....	—	vivace	152me —
Tragopogon pratensis, L......	—	bisannuelle	158me —
Sonchus arvensis, L..........	—	vivace	161me —
Chondrilla juncea, L.........	—	vivace	163me —
Pieris hieracioides, L........	—	vivace	168me —

2° Un groupe à floraison plus tardive ne renfermant que des espèces à tige.

Espèces à rosette.

Espèces à tige.

Figure 1.

De plus, si l'on envisage dans leur ensemble chacune des deux catégories de plantes : plantes à rosette et plantes à tige, on voit que les espèces se succèdent dans l'ordre de leur durée de végétation : d'abord les types annuels, puis les types bisannuels, enfin les types vivaces.

Il est remarquable de constater qu'à cette règle, le *Tragopogon pratensis* L. et le *Hieracium murorum* L. font seuls exception. Du reste, pour cette dernière espèce la précocité de floraison n'a rien d'absolument irrégulier, puisque, comme je l'ai déjà indiqué, nous sommes en présence d'un type de transition entre les Chicoracées à tige et les Chicoracées à rosette.

Ces divers résultats et en particulier la démarcation tranchée qu'il convient d'opérer au point de vue de la floraison entre les espèces à tige et les espèces à rosette se trouvent groupés d'une façon plus synoptique dans le graphique de la figure 1.

Les époques de floraison ont été portées en abcisse. Par les trois points A, B, V, situés sur l'axe des ordonnées à des distances de l'origine respectivement égales à 1, 2, 3, passent trois horizontales correspondant, la première aux plantes annuelles, la deuxième aux plantes bisannuelles, et la troisième aux plantes vivaces.

Les floraisons ont été représentées par des cercles : les uns noirs pour les espèces à rosette, les autres ombrés dans leur moitié gauche pour les espèces à tiges. Chaque cercle est de plus accompagné des initiales de la plante correspondante.

Ainsi, par exemple, la floraison du *Taraxacum Dens-leonis* sera figurée par un cercle noir situé à l'intersection de la ligne V et de la parallèle à l'axe des ordonnées passant par le point d'abcisse 95. A ce cercle seront de plus annexées les initiales *T. D.*

En réunissant ensuite par un trait continu et dans le sens des dates de floraison, d'une part tous les cercles correspondant aux espèces à rosette, et d'autre part tous les cercles correspondant aux espèces à tige, on obtient deux courbes représentatives qui rendent parfaitement compte des caractères présentés par la floraison des Liguliflores.

Les deux cercles correspondant aux floraisons anormales du *Hieracium murorum* et du *Tragopogon pratensis* ne sont pas compris dans ces courbes. Du reste, pour le *Hieracium murorum*, j'ai indiqué par deux flèches les liaisons que cette espèce permet d'établir entre les Chicoracées à tige et les Chicoracées à rosette.

TABLEAU II

AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	OCTOBRE
	Hypochæris glabra, L.	———	———	———		
Taraxacum Dens-leonis	———	———	———	———	———	———
	Hieracium Pilosella, L.	———	———	———	———	
		Thrincia hirta, Roth.	———	———	———	
		Sonchus oleraceus, L.	– – –	– – –	– – –	– – –
		Lampsana communis, L.	– – –	– – –		
		Crepis virens, L.	———	———	———	———
		Leontodon hispidus, L.	———	———	———	
			Leontodon autumnalis, L.	———	———	———
			Helminthia echioides Gærtn.	– – –	– – –	– – –
	Hypochæris radicata, L.	———	———	———	———	
		Hieracium murorum, L.	– – –	– – –		
		Barkhausia stosa, D. C.	– – –	– – –		
			Lactuca Scariola, L.	– – –		
			Phænopus muralis Coss. et G.	– – –		
				Hieracium umbellatum, L	– – –	
		Tragopogon pratensis, L.	– – –			
			Sonchus arvensis, L.	– – –	– – –	
			Chondrilla juncea, L.	– – –		
			Pieris hieracioides, L.	– – –	– – –	

Époque de floraison des cultures expérimentales comparée a l'époque de floraison dans la nature

J'ai résumé dans le tableau II les indications fournies par les différentes flores des environs de Paris au sujet de la floraison des Liguliflores. Ces observations sont évidemment très générales, car elles s'appliquent théoriquement pour chaque espèce à toutes les plantes localisées dans la région parisienne.

Les plantes ont été rangées dans le même ordre longitudinal que celui du tableau I en inscrivant en toute lettre le nom d'espèce dans la colonne du mois où s'observe le début de la floraison. Un trait horizontal, continu pour les types à rosette, discontinu pour les types à tige, s'étend ensuite vers la droite dans les colonnes des autres mois où peut s'effectuer la floraison.

L'examen des résultats consignés dans le tableau II nous montre qu'il y a identité dans la succession des époques de floraison des cultures expérimentales et celle des mêmes plantes observées dans la nature. Cette conclusion se traduit du reste dans le tableau par une déviation assez accentuée de haut en bas et vers la droite de la série des noms d'espèces. J'ajouterai qu'étant donné le caractère de grande généralité des résultats, il n'y a pas lieu de tenir compte des petites irrégularités présentées dans cette succession par certaines espèces (*Hypochœris radicata* L., *Tragopogon pratensis* L. etc).

Comme autre fait intéressant à signaler dans la disposition générale du tableau, je mentionnerai la comparaison qui peut être établie entre les traits transversaux continus et les traits transversaux discontinus : les premiers étant tous plus courts que les seconds. Cette remarque nous montre qu'il existe chez les Chicoracées à rosette une durée dans la période de floraison bien plus étendue que chez les Chicoracées à tige. Ce résultat, établi par la considération de toutes les plantes d'une même espèce, est analogue à celui qui avait été obtenu dans le premier paragraphe de cette note en n'opérant pour chaque espèce que sur des individus isolés.

Conclusions générales.

I. En ce qui concerne la période de floraison il y a lieu de distinguer les Chicoracées à rosette et les Chicoracées pourvues d'une tige.

1° Les premières sont caractérisées par une période de floraison de longue durée et discontinue ou autrement dit par plusieurs floraisons successives.

2° Les secondes présentent une période de floraison plus courte et continue.

II. L'époque de floraison dépend de deux facteurs : le mode de végétation et la durée de végétation.

1° En ce qui concerne le mode de végétation, les espèces à rosette ont toujours une floraison plus précoce que les espèces à tige ; exception faite toutefois parmi ces dernières des types annuels qui s'intercalent dans la série des espèces à rosette.

2° Dans chacun des deux groupes de plantes : plantes à rosette et plantes à tige, la floraison est plus ou moins précoce selon que les espèces sont annuelles, bisannuelles ou vivaces.

III. Les résultats fournis par l'époque de floraison des cultures expérimentales concordent avec ceux de l'époque de floraison des mêmes plantes observées dans la nature.

SUR LE

FONCTIONNEMENT DES RÉSERVES D'EAU

par M. LECLERC DU SABLON

Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

Les cellules à l'état de vie active renferment une proportion d'eau très variable suivant les cas, mais qui, pour une espèce et un organe donnés, à un état déterminé du développement, est comprise entre des limites très étroites. Or, les plantes aériennes laissent constamment échapper de l'eau par la transpiration. Il est donc nécessaire que les pertes ainsi subies soient réparées. En général, il s'établit un régime tel que, en 24 heures, l'eau absorbée par les racines est en quantité égale à l'eau perdue par les feuilles. Le liquide absorbé par les poils de la racine, circule dans les éléments du bois et arrive jusqu'aux feuilles vers les dernières ramifications des nervures réduites à quelques cellules spiralées entourées par le tissu chlorophyllien. Lors donc que les cellules vertes ont perdu de l'eau par la transpiration, elles peuvent rétablir leur turgescence normale en puisant dans les éléments du bois. Le pouvoir osmotique considérable des cellules vertes et la semi-perméabilité de leur membrane assurent l'absorption rapide de l'eau.

Pour la plupart des plantes, ce mode d'approvisionnement des cellules vertes en eau est suffisant. Si, pendant le jour, la transpiration l'emporte quelquefois sur l'absorption, et si les feuilles ont alors une tendance à se flétrir, la compensation s'établit pendant la nuit où l'absorption continue pendant que la transpiration est très ralentie. Mais on sait qu'il existe des plantes qui peuvent rester relativement longtemps à l'état de vie active sans absorber d'eau, tout

en demeurant exposées à l'évaporation. Telles sont par exemple les plantes grasses ou les plantes épiphytes. C'est qu'alors le ravitaillement des cellules vertes se fait aux dépens de réserves accumulées pendant les périodes où l'absorption est possible.

Je me suis proposé d'étudier dans cette Note le mécanisme physiologique du fonctionnement des réserves d'eau. Je ne m'occuperai que de quelques cas où il existe un tissu de réserve bien déterminé, c'est-à-dire où des cellules sont spécialement différenciées de façon à remplir le rôle de cellules aquifères à l'exclusion plus ou moins complète des autres fonctions ordinaires de la cellule.

Euphorbia mexicana. — On peut prendre comme type des plantes grasses l'*Euphorbia mexicana*. Les jeunes rameaux, dépourvus de feuilles, remplissent la fonction assimilatrice ; leur diamètre varie en général de 10 à 15 millimètres ; leur surface présente huit cannelures longitudinales qui donnent à leur section transversale (fig. 1) la forme d'un polygone étoilé. L'épiderme *e* est dépourvu de chlorophylle, sauf dans les cellules stomatiques ; le tissu cortical *t. c.*, est formé de cellules qui renferment d'autant plus de chlorophylle qu'elles sont plus rapprochées de l'épiderme. La moelle *m*, très large, a de grandes cellules dépourvues de chlorophylle et qui paraissent ne renfermer qu'un liquide clair. En se servant de réactifs colorants, on constate cependant que ces cellules sont vivantes et ont chacune un noyau et une très mince couche de protoplasma appliquée contre la paroi.

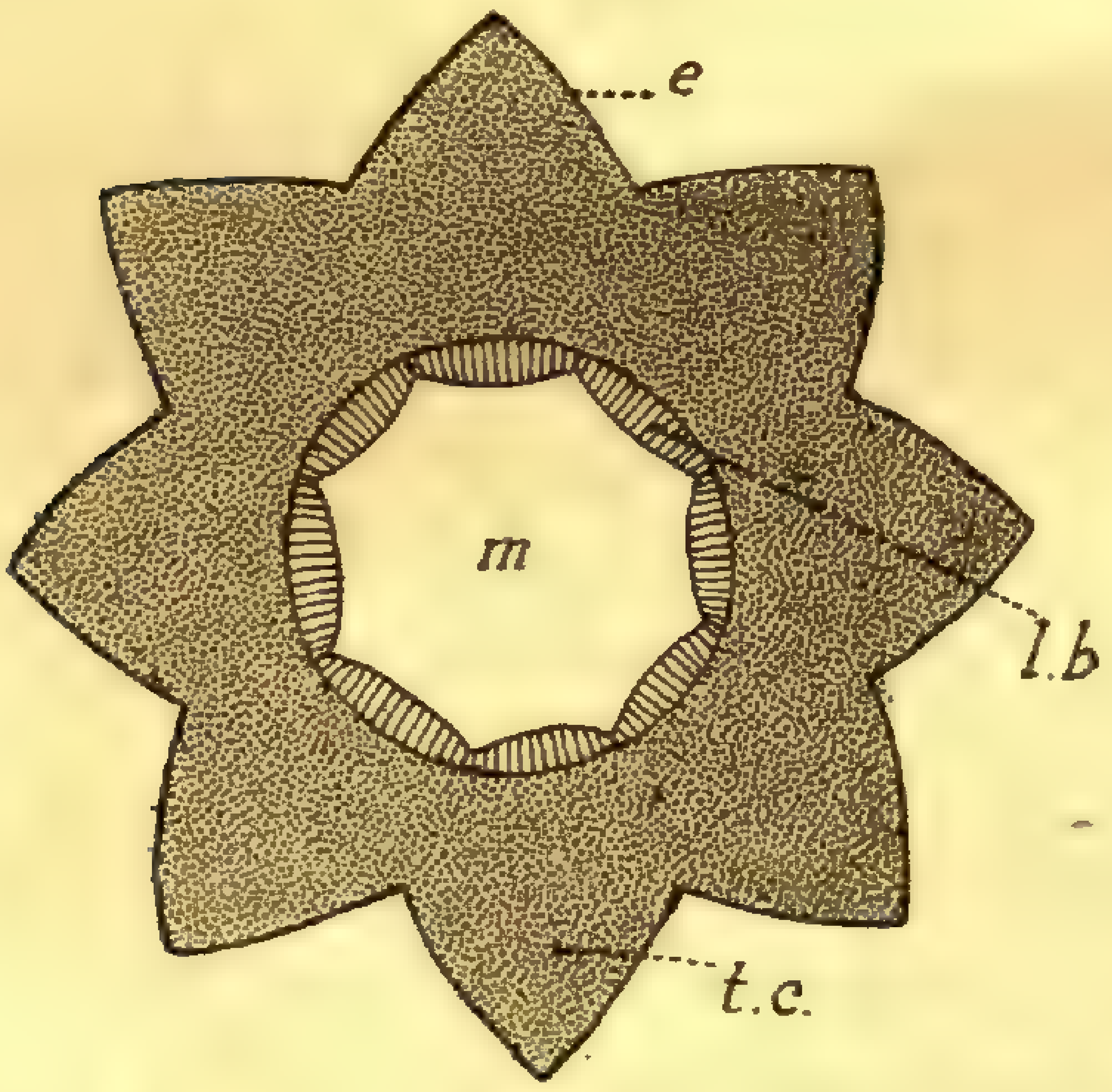


Fig. 1. — Coupe transversale dans une tige d'*Euphorbia mexicana* ; *e*, épiderme ; *t, c*, tissu cortical vert ; *l, b*, anneau libéro-ligneux ; *m*, moelle.

Il est évident d'après cette structure que la moelle est une réserve d'eau ; nous allons rechercher les particularités qui lui permettent de jouer efficacement ce rôle ; il faut pour cela étudier le pouvoir osmotique des divers tissus de la tige.

Les cellules de l'épiderme plasmolysent nettement dans une

solution de nitrate de potassium à 4 °/₀; dans une solution à 3, 75 °/₀, la plasmolyse est très faible et ne s'observe que pour quelques cellules. On peut donc admettre que le suc cellulaire des cellules épidermiques est isotonique d'une solution de nitrate à 3, 75 °/₀. Le pouvoir osmotique diminue d'ailleurs un peu à mesure qu'on s'éloigne du sommet du rameau et peut devenir plus égal à celui d'une solution de nitrate à 3, 50 °/₀.

Le parenchyme vert, comme dans la plupart des plantes, plasmolyse difficilement; cela tient surtout à ce que la vacuole centrale est relativement restreinte et à ce que les membranes de cellulose sont élastiques et limitées sur une grande partie de leur surface par des méats; la membrane de cellulose peut donc, dans une assez large mesure, sans se détacher du protoplasma, suivre la contraction de la vacuole centrale. La difficulté de la plasmolyse ne tient pas à une trop grande perméabilité des parois, car, lorsqu'on plonge une coupe dans une solution d'éosine très étendue, les cellules ne sont colorées en rose qu'après un temps relativement long. On remarque même què les membranes de cellulose des cellules vertes résistent à la pénétration de la matière colorante et participent donc, dans une certaine mesure, à la semi-perméabilité des membranes protoplasmiques, ce qui augmente encore la difficulté de la plasmolyse. Les membranes de l'épiderme et de la moelle sont, au contraire, immédiatement colorées.

Les cellules de la moelle plasmolysent assez facilement, et leur suc cellulaire est isotonique d'une solution de nitrate de potassium à 2,25 °/₀, au niveau où le suc cellulaire de l'épiderme est isotonique d'une solution à 3,75 °/₀. On remarque que, dans les cellules plasmolysées et où la plasmolyse se maintient, la très mince couche de protoplasma qui entoure la vacuole contractée est colorée en rose par l'éosine. La matière colorante ne traverse cependant pas complètement le protoplasma, puisque la vacuole contractée apparaît comme une tache incolore sur le fond rose formé par la solution d'éosine. C'est la face interne de la couche protoplasmique qui oppose la plus grande résistance au passage des matières dissoutes.

Le pouvoir osmotique du suc cellulaire est donc bien plus grand à la périphérie de la tige que vers le centre. Dans les cas où l'on a pu mesurer le pouvoir osmotique des cellules vertes sous-épidermiques, on a constaté qu'il était à peu près le même que celui de

l'épiderme. On peut donc admettre que le pouvoir osmotique des cellules vertes de l'Euphorbe, intermédiaire entre celui de l'épiderme et celui de la moelle, se rapproche de celui de l'épiderme vers la face externe et de celui de la moelle vers sa face interne.

On conçoit dès lors comment s'effectue la circulation de l'eau dans les tiges d'Euphorbe. La cuticule imperméable joue le rôle d'écran et s'oppose à la déperdition de vapeur d'eau. Les cellules vertes, dont les parois ont une certaine perméabilité nécessaire aux échanges gazeux, laissent échapper dans l'atmosphère une faible quantité de vapeur d'eau par l'intermédiaire des méats et des stomates. Il en résulte que la turgescence diminue et devient inférieure au pouvoir osmotique du suc cellulaire. Les cellules ont donc une tendance à absorber de l'eau.

D'autre part, on sait que lorsqu'un liquide de pouvoir osmotique P est séparé par une membrane semi-perméable d'un liquide de pouvoir osmotique $p < P$, les choses se passent comme si le pouvoir osmatique des deux liquides était respectivement $P\text{-}p$ et zéro. Les cellules vertes puiseront donc de l'eau dans les cellules de la moelle jusqu'à ce que leur turgescence corresponde à la différence des pouvoirs osmotiques. Les pertes d'eau résultant de la transpiration ne détermineront donc pas la fanaison des cellules vertes, mais seulement celle des cellules de la moelle. C'est ainsi que les diverses fonctions de la plante et même la croissance ne sont pas altérées, alors que l'absorption d'eau est nulle, tant que la réserve renfermée dans la moelle est suffisante.

Il est d'ailleurs indispensable que les cellules de la moelle soient vivantes, avec une membrane protoplasmique semi-perméable et un suc cellulaire doué d'un certain pouvoir osmotique. Ces conditions sont en effet nécessaires pour permettre, tout le long de la moelle, l'ascension de l'eau absorbée par les racines. On sait en effet que, dans les cellules mortes, la circulation de l'eau ne s'effectue pas, ou du moins est extrêmement faible, l'imbibition seule entrant en jeu; les tissus morts se dessèchent rapidement et se remplissent d'air.

Ainsi donc, pendant les périodes de pluie où l'absorption d'eau est possible, les cellules parenchymateuses se saturent. Puis, lorsque l'absorption cesse, sans que la transpiration soit arrêtée, les cellules vertes maintiennent leur turgescence en puisant de l'eau dans la

moelle. La transpiration des plantes grasses étant très faible, la période pendant laquelle elles peuvent vivre sur leurs réserves d'eau peut être assez longue.

Euphorbia grandidens. — L'*E. grandidens*, qui est également une plante grasse, se comporte comme l'*E. mexicana* au point de vue des réserves d'eau. Les jeunes rameaux sont dépourvus de feuilles ; l'écorce est formée de cellules vertes et la moelle de grandes cellules sans chlorophylle où s'accumule la réserve d'eau. L'épiderme commence à plasmolyser dans du nitrate de potassium à 3,25 °/ₒ et la moelle dans une solution à 1, 60 °/ₒ. La différence de pouvoir osmotique entre l'épiderme et la moelle est donc du même ordre que pour l'*E. mexicana*. Le mécanisme de la mise en réserve et de l'utilisation de l'eau est donc le même dans les deux cas.

Graminées. — Les Graminées sont remarquables par la constance et la régularité de la structure de leurs feuilles ; on y

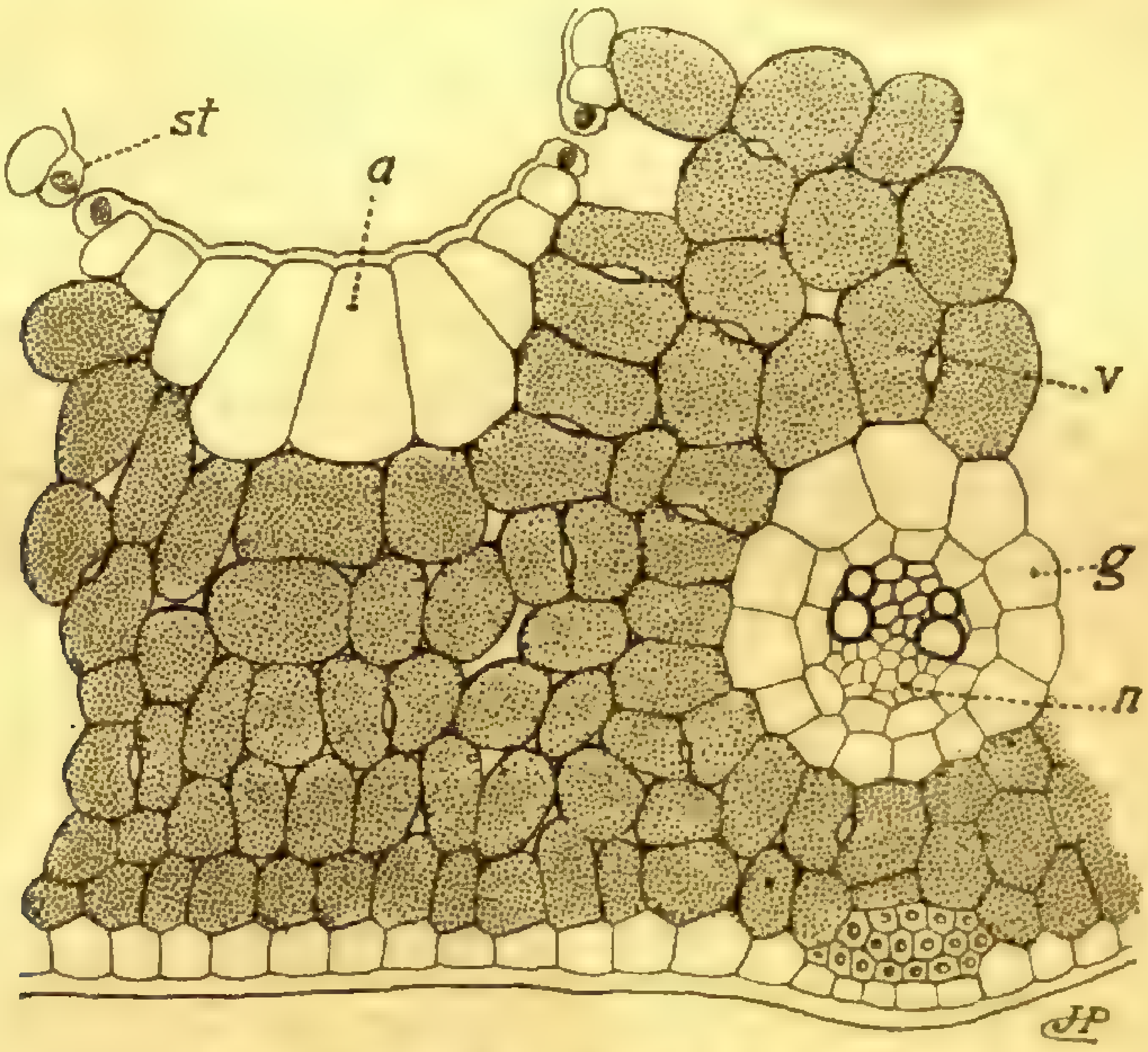


Fig. 2. — Coupe dans une feuille de *Festuca silvatica* ; *st*, cellule stomatique ; *a*, cellules aquifères épidermiques ; *g*, gaine de cellules aquifères autour de la nervure *n* ; *v*, cellules à chlorophylle.

trouve des cellules de formes très variées et toujours disposées de la même façon. Dans les travaux de Duval-Jouve (1) et de Pée-Laby (2)

(1) Duval Jouve. Histotaxie des feuilles de Graminées. *(Ann. des Sc. nat. Bot.* 6ᵉ série, t. I ; 1875).

(2) Pée-Laby. Etude anatomique de la feuille des Graminées de France, *(Ann. des Sc. nat. Bot.* 8ᵉ série, t. VIII, 1898).

on trouvera de nombreux exemples de cette structure. Les cellules aquifères y sont de deux sortes : les unes forment une gaîne autour des nervures, les autres sont des cellules épidermiques ; je les étudierai successivement.

Les feuilles de *Festuca silvatica* (fig. 2) sont un bon exemple pour l'examen des cellules aquifères. Autour de chaque nervure *n*, on voit une gaîne de très grandes cellules *g* régulièrement disposées et également distinctes des cellules vertes extérieures et des éléments du faisceau. Pée-Laby, qui a suivi le développement des cellules de la gaîne dans un certain nombre de Graminées, a montré qu'elles renfermaient d'abord de la chlorophylle, mais que, dans les feuilles adultes, la chlorophylle avait disparu ou tout au moins était très peu abondante ; il a émis de plus l'idée que ces cellules devaient jouer le rôle de cellules aquifères, idée confirmée par les observations que j'ai faites.

Si l'on traite par une dissolution étendue d'éosine une coupe assez épaisse de feuille de Fétuque, on voit que les cellules aquifères de la gaîne sont immédiatement colorées en rose dans toute leur étendue, tandis que les cellules du parenchyme chlorophyllien résistent à la coloration. On comprend donc comment les cellules aquifères remplissent leur fonction. L'eau qui arrive par les vaisseaux passe facilement dans les cellules aquifères dont les parois sont perméables. Les cellules *v* du tissu chlorophyllien, dont les parois sont semi-perméables, peuvent donc, dès que leur turgescence a été diminuée par la transpiration, puiser de l'eau dans les cellules aquifères.

Par l'examen de nombreux exemples, Pée-Laby a montré comment, au point de vue anatomique, les cellules de la gaîne étaient adaptées à leur fonction aquifère. Lorsque la face inférieure de la feuille n'a pas de stomates et que, par conséquent, la turgescence des cellules risque moins d'y être affaiblie par la transpiration que vers la face supérieure, les cellules aquifères peuvent manquer à la face inférieure et être très développées à la face supérieure. Lorsque les stomates, tout en existant sur les deux faces de la feuille, sont plus nombreux à la face supérieure, les cellules aquifères sont ordinairement plus grandes de ce côté.

Les cellules aquifères épidermiques ont des caractères un peu différents ; Duval-Jouve les appelle cellules bulliformes, à cause de leurs grandes dimensions; Pée-Laby les appelle cellules motrices, à

cause de leur rôle dans le reploiement des feuilles. Ces cellules n'existent que dans certaines espèces ; j'en rappellerai les principales particularités en les décrivant dans le *Festuca silvatica* (fig. 2).

Dans une section transversale de la feuille, on voit que l'épiderme de la face supérieure a une forme sinueuse. Les parties en relief, correspondant aux nervures principales, alternent avec des parties creuses au fond desquelles sont les cellules aquifères *a* beaucoup plus grandes, surtout dans le sens radial, que les cellules épidermiques voisines ; leurs parois sont en cellulose ; la surface externe est préservée contre l'évaporation par une couche de cire signalée par Pée-Laby. J'ai constaté que, même dans les feuilles adultes, les cellules aquifères renferment toujours un noyau et du protoplasma ; la couche protoplasmique a pu passer inaperçue à cause de son extrême minceur, ce qui a porté à croire que les cellules ne renfermaient que de l'eau.

En traitant une coupe par une dissolution étendue d'éosine, on reconnaît que la matière colorante pénètre immédiatement dans les cellules aquifères, tandis qu'elle ne colore pas les cellules du parenchyme chlorophyllien. Le protoplasma des cellules aquifères est donc perméable. Je n'ai pu obtenir un commencement de plasmolyse que dans des solutions de nitrate de potassium relativement concentrées (4 °/₀) et d'un pouvoir osmotique vraisemblablement très supérieur à celui du liquide renfermé dans les cellules. La plasmolyse provient alors de ce que la solution de nitrate, tout en pénétrant dans la cellule, traverse les membranes moins vite que l'eau qui en sort, ce qui suppose que le protoplasma, perméable pour les solutions, est encore plus perméable pour l'eau.

Ceci posé, voyons comment les cellules aquifères remplissent leur fonction. Supposons que la feuille, saturée d'eau, soit exposée à des conditions qui rendent la transpiration intense. La vapeur d'eau se dégage surtout, sinon exclusivement, par la face supérieure qui seule porte des stomates. D'autre part, les cellules aquifères sont protégées contre l'évaporation directe par la couche de cire qui les recouvre. La diminution de turgescence se produit donc d'abord dans les cellules vertes les plus rapprochées de la face supérieure et par conséquent des cellules aquifères. On conçoit que les cellules vertes puissent réparer leurs pertes en puisant de l'eau dans les cellules aquifères. Le mécanisme est le même que dans le cas des

cellules aquifères qui forment une gaîne autour des faisceaux.

On comprend, d'autre part, le rôle régulateur que jouent les cellules aquifères *a* par rapport à la transpiration. Lorsque la réserve d'eau qu'elles renferment diminue, leur volume se réduit ; il en résulte un enroulement de la feuille parallèlement aux nervures, de telle sorte que la face inférieure dépourvue de stomates soit seule au contact de l'atmosphère ; les bandes longitudinales de la face supérieure sont appliquées les unes contre les autres ; la transpiration est ainsi réduite au minimum dès que la provision d'eau tend à s'épuiser.

Mais comment les cellules aquifères de l'épiderme peuvent-elles refaire leur provision d'eau, n'étant pas, comme les cellules aquifères de la gaîne, à proximité des faisceaux libéro-ligneux, dont elles sont séparées par toute l'épaisseur du tissu chlorophyllien? Supposons qu'après une période de transpiration qui a amené le reploiement des feuilles, l'absorption d'eau redevienne supérieure à l'évaporation. L'eau arrivera dans les feuilles par les nervures ; puis saturera les cellules aquifères de la gaîne et, de là, passera dans les cellules à chlorophylle qui se satureront à leur tour et rétabliront ainsi leur turgescence. C'est alors seulement que les cellules aquifères de l'épiderme pourront regagner l'eau qu'elles ont perdue. De proche en proche, à partir de la nervure jusqu'à l'épiderme, les cellules se satureront d'eau et auront une turgescence en rapport avec leur pouvoir osmotique. A ce moment-là, l'équilibre se sera rétabli, les cellules aquifères auront repris leur volume et les feuilles se seront déployées.

Il est à remarquer que les cellules aquifères de l'épiderme qui cèdent de l'eau aux cellules vertes, lorsque la transpiration est supérieure à l'absorption, en reçoivent d'elles au contraire lorsque l'absorption est supérieure ; il n'en est pas de même des cellules aquifères de la gaîne qui, dans les deux cas, cèdent de l'eau aux cellules vertes. On voit l'avantage de cette disposition. Les cellules aquifères de l'épiderme, étant ravitaillées les dernières, ne provoquent le déploiement du limbe que lorsque les cellules vertes sont déjà saturées, c'est-à-dire lorsque le rétablissement de la transpiration normale n'a plus d'inconvénient pour la plante.

L'enduit de cire qui recouvre la surface supérieure des feuilles et en particulier les cellules aquifères ne permet pas à celles-ci

d'absorber l'eau de la pluie ou de la rosée. Il y a donc, au point de vue du fonctionnement, une différence essentielle entre les cellules aquifères des Graminées et les cellules aquifères superficielles des plantes épiphytes telles que les Broméliacées qui paraissent s'alimenter surtout par leur surface externe (voir plus loin p. 468).

Ce mécanisme spécial de la régulation de l'eau dans les feuilles de Graminées ne fonctionne pas au même degré dans toutes les espèces. On peut voir dans le travail de Pée-Laby que certaines espèces seulement ont des cellules aquifères épidermiques et que les cellules aquifères de la gaîne ont un développement très variable. Quelques Graminées manquent de cellules aquifères nettement différenciées; d'autres, au contraire, présentent les deux systèmes de cellules aquifères; chez l'*Arundo donax*, les cellules aquifères épidermiques sont même accompagnées d'autres cellules plus profondes, mais présentant les mêmes caractères; le reploiement du limbe, qui est ici relativement épais, est ainsi facilité.

BILBERGIA SPECIOSA. — Le *Bilbergia speciosa* peut être pris comme type de la famille des Broméliacées au point de vue de la mise en réserve et de l'utilisation de l'eau. Je rappellerai rapidement la structure des feuilles (fig. 3). L'épiderme *s* de la face supérieure est formé de cellules très plates dont les parois internes et latérales sont épaisses, tandis que les parois externes restent minces; il n'y a pas de stomates, et la surface externe est recouverte de larges poils. Au-dessous de l'épiderme sont des cellules aquifères *a*, d'abord petites, puis beaucoup plus grandes; vers le milieu du limbe, est le parenchyme vert *v*, qui entoure les faisceaux libéro-ligneux *f*, ainsi que de grandes lacunes parallèles aux nervures et présentant des cellules étoilées *e* de forme tout à fait caractéristique. En dessous, sont une ou deux assises de cellules sans chlorophylle, puis l'épiderme *i* avec quelques rares stomates.

Le tissu aquifère est donc localisé à la face supérieure de la feuille; il est surtout développé vers la partie médiane de la base du limbe, dans la région engaînante; il s'atténue et finit par disparaître sur les bords et dans la partie supérieure de la feuille. Toutes les cellules aquifères, y compris celles de l'épiderme, renferment un noyau très petit et colorable par l'éosine. Ce point me paraît important à noter, car l'aspect de ces cellules, surtout des cellules épider-

miques, pourrait laisser supposer qu'on a affaire à des éléments morts. Le protoplasma est très peu abondant et réduit à une très mince couche appliquée contre la membrane de cellulose.

Le tissu aquifère est très perméable ; lorsqu'on traite une coupe épaisse par une solution étendue d'éosine, toutes les cellules sont immédiatement colorées en rose ; la matière colorante imprègne les parois et pénètre dans la cavité cellulaire, tandis que les cellules vertes et surtout les cellules étoilées restent plus ou moins longtemps incolores. Dans aucun cas, je n'ai pu obtenir la plasmolyse des cellules aquifères ; cela tient à la perméabilité de la couche protoplasmique étroitement appliquée contre la membrane et d'ailleurs si mince qu'en général on ne la distingue pas ; on voit seulement quelques granulations dans le voisinage du noyau.

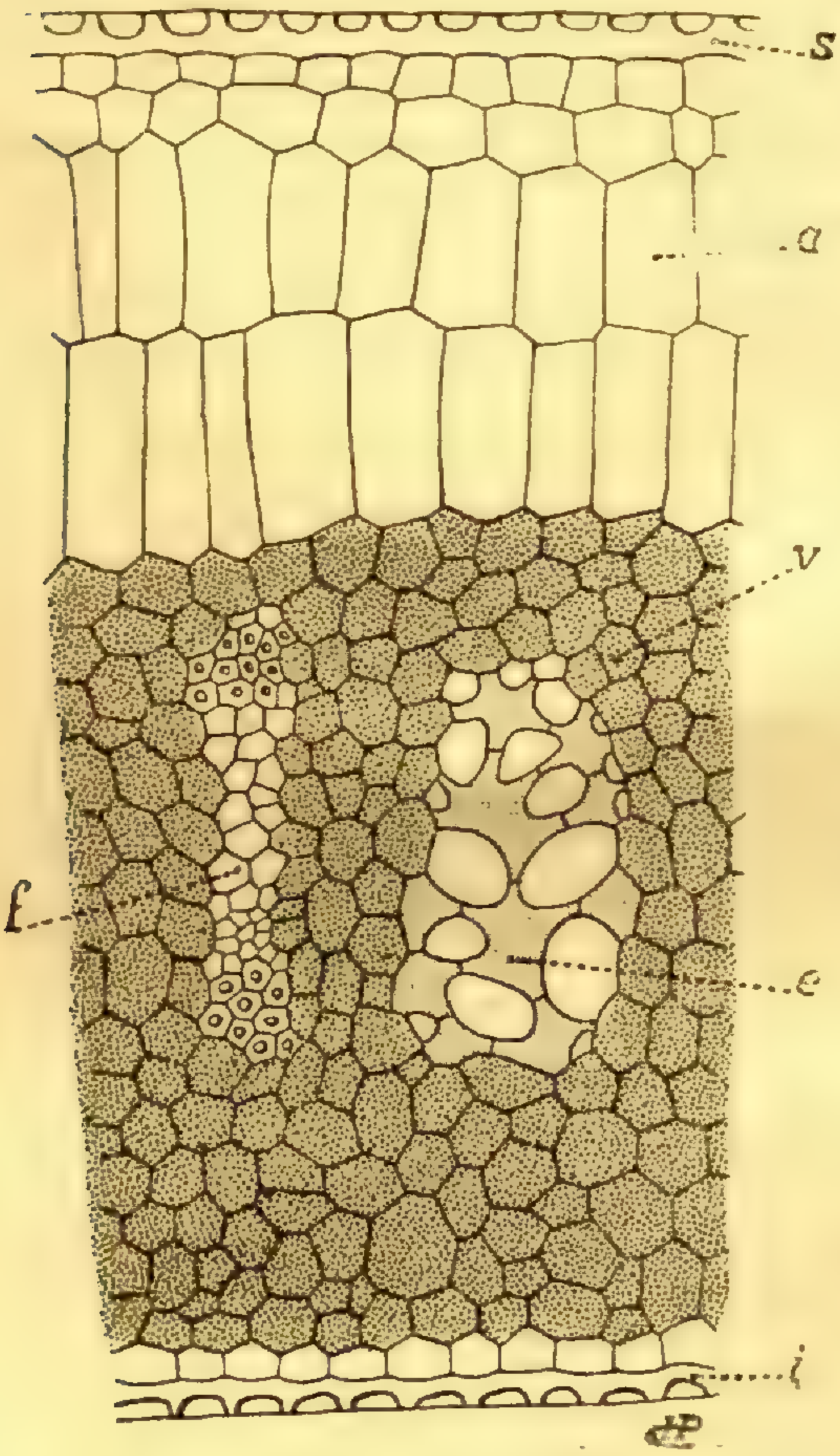


Fig. 3. — Coupe dans une feuille de *Bilbergia speciosa* ; *s*, épiderme de la face supérieure ; *a*, cellules aquifères ; *v*, cellules à chlorophylle ; *f*, faisceau libéro-ligneux ; *e*, cellules étoilées ; *i*, épiderme de la face inférieure.

Ceci posé, il est facile de se rendre compte du fonctionnement de l'appareil aquifère. Lorsque les cellules vertes, à membrane protoplasmique semi-perméable, ont perdu de l'eau par la transpiration, elles peuvent en puiser dans les cellules aquifères complètement perméables. On constate d'ailleurs directement que les plus grandes des cellules aquifères diminuent alors de volume en plissant leurs parois à la manière d'un accordéon.

La transpiration est rendue très faible par la rareté des stomates à la face inférieure de la feuille. L'évaporation est ralentie à la face supérieure par le revêtement de poils.

On voit que, chez les Broméliacées, l'absorption d'eau se fait

surtout par la surface des feuilles. La perméabilité des cellules épidermiques qui se laissent mouiller par l'eau est une circonstance favorable. D'autre part, l'accumulation d'eau que l'on remarque si souvent entre la base de la gaine et la tige, précisément là où le tissu aquifère est le plus développé, favorise encore l'utilisation directe de l'eau et de la pluie.

Les *Peperomia* sont des plantes herbacées de la famille des Pipéracées ; les espèces que j'ai étudiées ont des feuilles épaisses, de consistance charnue, elles renferment des réserves d'eau nettement caractérisées. Nous allons voir les dispositions qui caractérisent les réserves d'eau dans ce cas spécial.

Peperomia pereskiæfolia. — Les deux tiers environ de l'épaisseur de la feuille (fig. 4) sont occupés par un tissu aquifère *a* qui se trouve immédiatement au-dessous de l'épiderme de la face supérieure *s*. Les cellules sont allongées perpendiculairement à la surface et ne laissent pas entre elles de méats aérifères, ce qui donne une très grande transparence au tissu aquifère qui paraît vert simplement parce qu'on voit le tissu vert qui est au-dessous. Les cellules aquifères sont vivantes et possèdent chacune un noyau et du protoplasma ; mais le protoplasma est réduit à une couche extrêmement mince appliquée contre la membrane et qui passerait inaperçue si on ne la colorait pas. Le tissu vert qui est à la face inférieure comprend, au contact du tissu aquifère, une assise de cellules palissadiques *v. p.* d'un vert foncé, puis une ou deux assises de cellules *v* également vertes et serrées les unes contre les autres ; enfin la partie inférieure consiste en cellules *l* renfermant moins de chlorophylle que les précédentes, et laissant entre elles des méats remplis d'air. L'épiderme de la face inférieure *i* a des stomates tandis que celui de la face supérieure n'en a pas. La cuticule est très mince.

Les cellules du tissu aquifère et de l'épiderme supérieur commencent à plasmolyser dans une solution de nitrate de potassium à 1,5 °/₀ ; leur pouvoir osmotique est donc très faible. En colorant la solution de nitrate par l'éosine, on voit que, même lorsque le suc cellulaire des cellules plasmolysées reste complètement incolore, le protoplasma est plus ou moins coloré en rose ; c'est donc surtout par sa face interne que le protoplasma est semi-perméable.

Les cellules de l'épiderme inférieur commencent à plasmolyser

dans une solution de nitrate à 2,5 °/₀; leur pouvoir osmotique est donc supérieur à celui de l'épiderme supérieur et du tissu aquifère ; l'épiderme inférieur renferme d'ailleurs quelques grains de chlorophylle, ce qui ne se voit que chez les plantes vivant dans un milieu humide et peu éclairé. On peut admettre que le tissu vert a un pouvoir osmotique du même ordre que l'épiderme contre lequel il est appliqué.

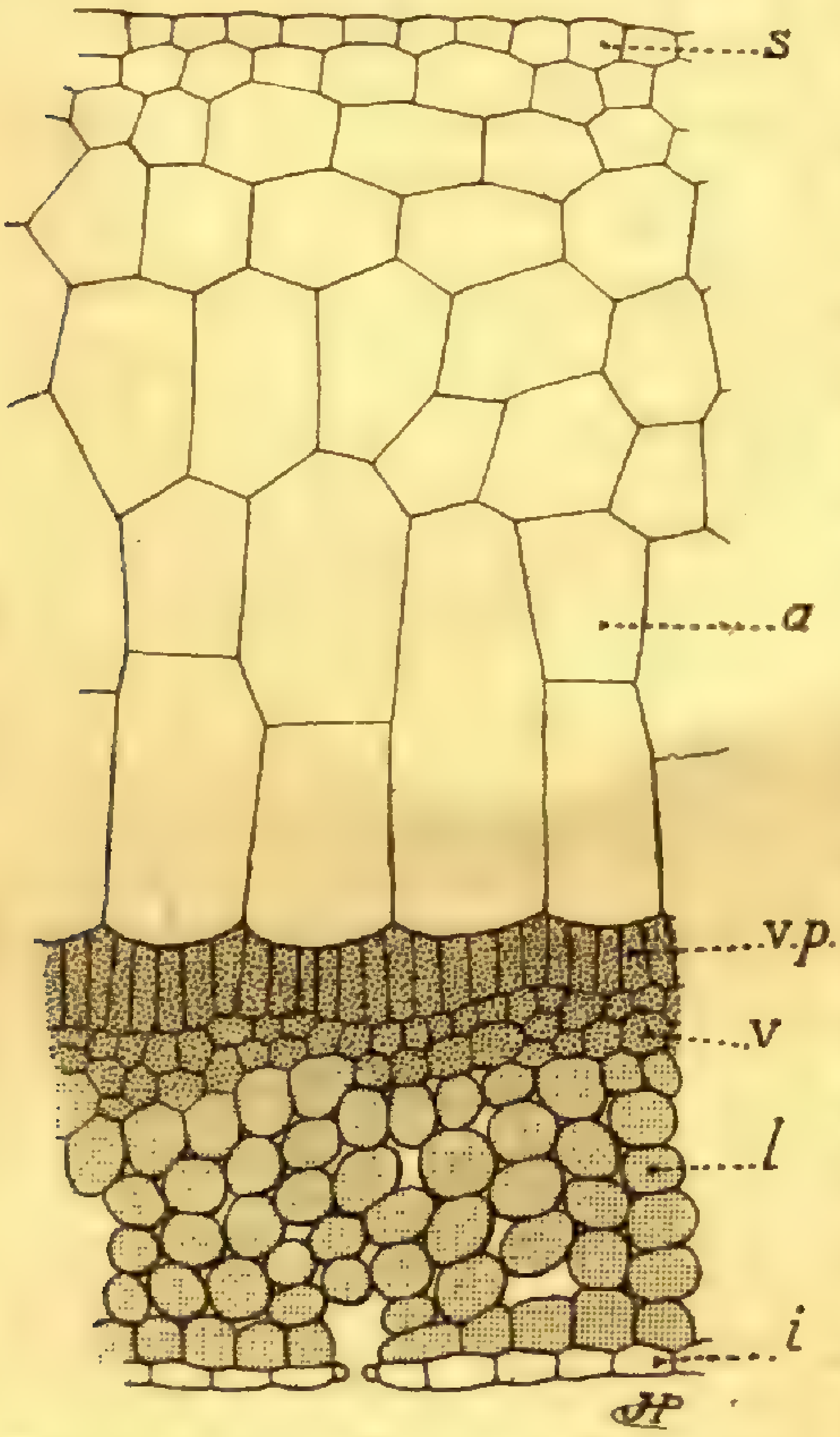


Fig. 4. — Coupe dans une feuille de *Peperomia pereskiæfolia* ; *s*, épiderme de la face supérieure ; *a*, cellules aquifères ; *vp*, *v*, cellules très riches en chlorophylle: *λ*, tissu lacuneux pauvre en chlorophylle ; *i*, épiderme de la face inférieure.

Les échanges gazeux entre les cellules vertes et l'atmosphère se font par l'intermédiaire des stomates de la face inférieure ; c'est par là aussi que s'échappe la vapeur d'eau formée dans les lacunes ; le dégagement de gaz par la face supérieure recouverte d'une cuticule continue ne peut qu'être très faible. Lorsque les cellules vertes ont perdu leur turgescence par suite de la transpiration, elles peuvent la rétablir en empruntant de l'eau aux cellules aquifères voisines dont le pouvoir osmotique est plus faible que le leur. Le mécanisme de la circulation de l'eau est le même que pour les plantes grasses.

Il y a cependant quelques différences importantes, au point de vue du fonctionnement des réserves d'eau, entre les *Peperomia* et les plantes grasses telles que l'Euphorbe du Mexique. Dans l'Euphorbe, la réserve d'eau est au centre des tiges, à l'abri de toute déperdition, et peut ainsi se maintenir malgré une atmosphère extérieure sèche et chaude. Les *Peperomia*, au contraire, ont une réserve d'eau pour ainsi dire extérieure, exposée à être dépensée en pure perte si l'atmosphère est sèche et chaude. Ce sont des plantes adaptées à une atmosphère humide.

La couche aquifère située du côté de la face supérieure peut

encore être utile en servant d'écran absorbant vis à vis des rayons solaires qui arrivent ainsi moins chauds sur les cellules vertes.

Peperomia blanda. — Dans cette espèce, on trouve, vers la face supérieure de la feuille, un tissu aquifère qui a les mêmes caractères que dans l'espèce précédente. La partie verte est beaucoup plus épaisse et se compose d'abord de deux ou trois assises de cellules très vertes situées au contact des cellules aquifères, puis d'un tissu lacuneux plus épais mais renfermant beaucoup moins de chlorophylle que dans le *P. pereskiæfolia*; le tissu lacuneux peut donc, dans ce cas, être considéré comme un second tissu aquifère ; il est limité à sa face inférieure par un épiderme pourvu de stomates.

Les cellules de l'épiderme supérieur, de l'épiderme inférieur, et du tissu aquifère supérieur, commencent à plasmolyser dans une solution de nitrate de potassium à 1, 25 °/₀. Les cellules vertes, dont le pouvoir osmotique est certainement beaucoup plus élevé, peuvent donc entretenir leur turgescence en empruntant de l'eau à chacune des couches aquifères. Les choses se passent comme dans les feuilles de *P. pereskiæfolia,* avec la couche aquifère inférieure en plus. D'ailleurs, chez le *P. pereskiæfolia*, la partie inférieure du tissu vert est moins riche en chlorophylle que la partie supérieure et correspond à la couche aquifère inférieure du *P. blanda.*

Grâce à leurs réserves d'eau, les *Peperomia* peuvent donc rester à l'état de vie active, même si l'absorption d'eau par les racines est inférieure à la transpiration, et en cela, ces plantes se rapprochent des plantes grasses ordinaires et des Broméliacées; mais elles en diffèrent par la minceur de leur cuticule et la délicatesse de leurs tissus qui ne leur permettent pas de supporter longtemps une atmosphère chaude et sèche. Les *Peperomia* ont une structure adaptée à un sol pauvre en eau et à une atmosphère relativement humide et peu ensoleillée.

Résumé et conclusions.

Dans tous les exemples que j'ai examinés, les cellules aquifères restent vivantes, ou du moins renferment un noyau et une très mince couche de protoplasma.

On comprend l'utilité d'une couche protoplasmique, même très mince, pour les cellules aquifères. Des cellules mortes ne pourraient

jouer que très imparfaitement le rôle d'appareil de réserve d'eau ; superficielles comme dans les Graminées ou les Broméliacées, elles laisseraient évaporer leur eau dans l'atmosphère ; profondes, elles ne favoriseraient pas la circulation de l'eau absorbée par les racines ; dans les deux cas, elles ne tarderaient pas à se remplir d'air et deviendraient impropres à servir de réservoir d'eau. C'est par sa faible perméabilité que la couche protoplasmique est utile.

Il ne faut pas confondre les cellules aquifères avec les cellules du voile des Orchidées. On sait que ces dernières sont mortes et normalement remplies d'air. Par rapport à l'eau, elles jouent plutôt le rôle d'organes d'absorption que celui d'organes de réserve. Grâce à leur grande perméabilité, elles retiennent l'eau de la pluie comme ferait une feuille de papier buvard et permettent ainsi aux racines aériennes de s'alimenter avant que l'évaporation ait de nouveau desséché le voile.

Au point de vue de leur fonctionnement, on peut diviser les cellules aquifères en plusieurs catégories :

1° — Les cellules profondes, telles que celles de la moelle de l'*Euphorbia mexicana* ; d'une part, leur membrane semi-perméable et leur pouvoir osmotique leur permettent d'attirer l'eau absorbée par les racines ; d'autre part, leur pouvoir osmotique étant plus faible que celui des cellules vertes du parenchyme cortical, elles peuvent céder leur eau à celles-ci pour réparer les pertes dues à la transpiration. Dans ce cas, la plante est adaptée à une atmosphère normalement sèche et à un sol où la sècheresse ordinaire est interrompue par quelques périodes humides.

2° — Les cellules aquifères des feuilles de Graminées sont également une adaptation à un milieu sec où, pendant certaines périodes, l'eau absorbée par les racines ne suffit pas à réparer les pertes dues à la transpiration des feuilles. Mais ici l'adaptation est moins complète que pour les plantes grasses ; les périodes sèches doivent rester relativement courtes sous peine de compromettre la vie de la plante.

Les cellules aquifères épidermiques sont, non seulement un organe de réserve pour l'eau, mais en même temps un appareil régulateur de la transpiration. La diminution de la réserve d'eau entraîne automatiquement le reploiement des feuilles et une réduction de la transpiration. Le limbe ne se déploie de nouveau que lorsque, le

parenchyme vert étant saturé, la réserve d'eau est rétablie dans les cellules aquifères.

3°. — Les cellules aquifères des Broméliacées sont aussi une adaptation à un milieu sec, mais où l'absorption d'eau se fait par les feuilles plutôt que par les racines ; elles sont disposées à la face supérieure des feuilles et surtout vers la base, dans la partie engaînante. La perméabilité des membranes leur permet d'absorber l'eau de la pluie qui mouille l'épiderme supérieur et s'accumule dans la gaîne. La provision d'eau renfermée dans les cellules aquifères, protégée contre une évaporation trop intense par de larges poils, alimente les cellules vertes sous-jacentes dont le pouvoir osmotique est plus considérable.

4° — Le cas des *Peperomia* est inverse de celui des Euphorbes : une réserve d'eau superficielle, renfermée dans des cellules à pouvoir osmotique faible et à parois semi-perméables, alimente le tissu vert situé plus profondément. Par la disposition de leur tissu aquifère, les *Peperomia* se rapprochent des plantes épiphytes, mais diffèrent de la plupart des xérophytes par la délicatesse de leurs tissus et en particulier de leur épiderme.

J'ai examiné seulement quelques cas particuliers où les réserves d'eau sont nettement caractérisées et où le mécanisme de leur utilisation est simple. Mais il s'en faut que l'on puisse faire rentrer dans les catégories que j'ai indiquées toutes les plantes qui peuvent supporter une sécheresse prolongée grâce aux provisions d'eau accumulées pendant la période humide. Les mécanismes physiologiques y sont plus variés et plus complexes que ne pourrait le faire supposer la constance relative des dispositions anatomiques.

QUELQUES RECHERCHES

SUR LA LYCOPINE

ET SUR

SES RAPPORTS AVEC LA CHLOROPHYLLE

par M. W. LUBIMENKO

Conservateur du Laboratoire de Biologie végétale au Jardin botanique Pierre le Grand. Saint-Pétersbourg.

On sait que la couleur des Tomates est due à la présence dans leur tissu d'un pigment particulier, la lycopine. M. R. Willstätter et M. Escher (1) ont démontré que la constitution chimique de ce pigment peut être exprimée par la même formule générale que celle de la carotine ($C_{40}H_{56}$) ; cependant il y a une différence bien nette entre certaines propriétés physiques et chimiques qui caractérisent ces deux pigments.

D'après les résultats de ses études chimiques, M. Escher exprime cette conclusion que le pigment des Tomates est un isomère de la carotine.

En faisant nos études sur la formation de la chlorophylle et des pigments jaunes qui l'accompagnent, nous avons aussi entrepris avec M. N. Monteverde (2) quelques recherches sur la lycopine. Nous avons constaté que ce pigment se trouve non seulement chez la Tomate, mais aussi dans les fruits d'autres plantes très éloignées

(1) R. Willstätter et H. Escher. Ueber den Farbstoff der Tomate. *(Hoppe-Seyler's Zeitschrift f. physiolog. Chemie;* Bd. 64; 1910).

H. Escher. Zur Kenntniss des Carotins und des Lycopins, Zürich. 1909.

(2) N. Monteverde et W. Lubimenko. Sur la formation de la chlorophylle chez les plantes. IV. Sur la rhodoxantine et la lycopine. *(Bulletin de l'Acad. Imp. des Sc. de Saint-Pétersbourg.* 1913).

les unes des autres, au point de vue systématique, telles que : *Citrullus vulgaris, Trichosantes* sp., *Rosa canina*.

Au cours de ces études, notre attention fut attirée par un autre pigment rouge, la *rhodoxantine*, que M. Tswett a découvert dans les feuilles de certains Conifères. Nous avons démontré que ce pigment, à l'état cristallisé, peut être obtenu des fruits mûrs du *Taxus baccata* dont la couleur rose-rouge foncée est due presque exclusivement à la rhodoxantine. Ensuite nous avons constaté que la rhodoxantine se forme non seulement chez les Conifères mais aussi dans les chloroleucites des jeunes feuilles du *Potamogeton natans* et que, chimiquement, ce pigment doit se rapporter à la xanthophylle de la même façon que la lycopine à la carotine.

Ces faits nous montrent que la carotine et la xanthophylle possèdent chacune un isomère de couleur rouge.

D'autre part, d'après les résultats de nos recherches avec M. Monteverde, il est légitime de penser que la carotine et la xanthophylle sont liées à la chlorophylle par leur genèse commune, et que les pigments jaunes peuvent être considérés comme des débris qui restent au cours de la formation de la chlorophylle à partir d'une substance incolore.

Etant donné ce lien étroit entre la chlorophylle et les pigments jaunes, il était intéressant d'étudier avec plus de détails les isomères de ces derniers pigments au point de vue de leur répartition dans le règne végétal ainsi qu'à celui de la physiologie de leur formation dans les chromoleucites.

Il faut remarquer encore que d'après les récentes recherches de M. W. Rothert (1) beaucoup de plantes renferment des chromoleucites dans leurs organes végétatifs ; cet auteur a constaté la présence de chromoleucites chez deux cents espèces de plantes. Souvent l'apparition de chromoleucites dans les feuilles dépend de l'intensité de la lumière ou d'autres conditions physiologiques, ce qui donne à penser que la formation passagère des pigments jaunes et rouges dans les chloroleucites est un phénomène général au règne végétal.

En m'intéressant à la lycopine et à la rhodoxantine à cause de leur rapport avec la chlorophylle, j'ai profité de mon voyage dans les tro-

(1) W. Rothert. Ueber Chromoplasten in vegetativen Organen. (*Anzeiger d. Akademie d. Wissensch. in Krakau Matem. naturwiss.* Klasse. *R. B. Biolog. Wiss.* 1912. N° 3 u. 4).

piques l'an dernier pour examiner à l'état frais les fruits et les feuilles des plantes des tropiques, supposant que la forte lumière et la température élevée des pays tropicaux sont surtout favorables aux diverses transformations chimiques de la chlorophylle dans un tissu vivant.

La réalité dépassa mes prévisions. En examinant les fruits et les feuilles de diverses plantes cultivées au Jardin de Buitenzorg, je me heurtai à une foule de pigments jaunes, oranges ou rouges renfermés dans les chromoleucites mais optiquement différents de ceux qui étaient connus ; d'autre part, j'ai découvert une série de plantes nouvelles contenant dans leurs chromoleucites la lycopine et la rhodoxantine.

La présence de ce dernier pigment à été constatée dans les feuilles de diverses espèces de *Selaginella* ainsi que dans les feuilles et les fruits de divers *Gnetum*. Il est probable alors que l'isomère de la xanthophylle est non moins répandu chez les plantes que la lycopine.

Dans cet article, je me bornerai à parler de la lycopine et de quelques pigments très rapprochés de cette dernière. En premier lieu je citerai les plantes nouvelles chez lesquelles j'ai constaté la présence de la lycopine ; voici la liste de ces plantes.

Encephalartos Hildebrandtii A. Br. et Bouché *Macrozamia* spec.	Dans les écailles du cône.
Actinophlœus angustifolius Becc. *A. Macarthurii* Becc. *Archonthophœnix Alexandræ* H. Wendl. *Areca Alicæ* W. Hill. *Calyptrocalix spicatus* Blume. *Nenga Schefferiana* Becc. *Ptychandra glauca* Scheff. *Ptychosperma elegans* Blume. *Sinaspadix Petrichiana* Hort. *Aglaonema nitidum* Kunth. *A. oblongifolium* Kunth. *A. oblongifolium* v. *Curtisii*. *A. simplex* Bl. *Arum orientale* M. B. *Erythroxylum nova-granadense*. *Solanum decasepalum*. *S. Dulcamara* L.	Dans le péricarpe des fruits.

Myristica fragrans Houtt. *Evonymus japonicus* L.	Dans l'arille des graines.
Magnolia grandiflora L.	Ds les téguments des graines.
Brassica Rapa L. (sorte cultivée à racine jaune).	Dans la racine.

On voit d'après cette liste que les plantes contenant de la lycopine appartiennent à des groupes très différents, tels que les *Cycadées*, les *Palmiers*, les *Aroïdées*, les *Myristinées*, les *Magnoliacées*, les *Linacées*, les *Crucifères*, les *Célastrinées*. Ce fait nous montre nettement que la production de la lycopine n'est pas une spécialité rare dans le règne végétal.

Si l'on examine le tissu coloré par la lycopine sous le microscope, on constate que le pigment est déposé dans les chromoleucites, le plus souvent, en forme de cristaux d'une couleur rose pure. J'ai observé de très beaux cristaux prismatiques dans le péricarpe des fruits de divers Palmiers, surtout chez l'*Areca Alicæ*, le *Ptychandra glauca*, le *Sinaspadix Petrichiana*, l'*Archonthophœnix Alexandræ*. On voit de jolis cristaux dans les fruits de divers *Aglaonema*, dans l'arille des graines de *Myristica fragrans*. Des cristaux plus petits en forme de prismes et d'aiguilles se trouvent dans les fruits du *Calyptrocalix spicata* et de *Lycopersicum esculentum ;* en forme d'aiguilles seulement chez le *Rosa canina* (fruits), le *Magnolia grandiflora* (tégument des graines). On ne voit dans les écailles de *Cycadées* que de petits grains ou de très petits cristaux roses dont la forme est difficile à déterminer. Enfin, chez certaines plantes, comme par exemple chez le *Solanum Dulcamara*, l'*Arum orientale*, le *Brassica Rapa*, la lycopine est déposée dans les chromoleucites à l'état amorphe.

Il est intéressant de remarquer que la lycopine des fruits s'accumule surtout dans les parties de l'endocarpe qui enveloppent directement les graines. Si le fruit est coloré tout entier par la lycopine, on peut constater tout de même que cette coloration devient le plus intense près des graines ; quelques fois la lycopine ne se dépose qu'exclusivement dans le tissu mucilagineux enveloppant les graines, comme c'est le cas pour les fruits de *Momordica* ou de *Trichosanthes*. Enfin, chez certaines plantes, la formation de la lycopine ne se produit que dans les parties du tissu appartenant aux graines mêmes (*Myristica, Magnolia, Evonymus*). La lycopine est toujours accom-

pagnée dans les chromoleucites par des pigments jaunes dont la quantité varie suivant l'espèce des plantes. Dans les fruits de certains Palmiers, comme *Areca Alicæ*, *Ptychandra glauca* et d'autres, dont le tissu des fruits abonde en jolis cristaux, la lycopine se trouve à l'état presque pur. Chez d'autres plantes la quantité de pigments jaunes devient plus grande, comme nous le voyons chez les *Aglaonema*, le *Lycopersicum esculentum*, le *Solanum Dulcamara*, etc. Chez le *Rosa canina* ce sont les pigments jaunes qui prennent la prépondérance quantitative dans la coloration des chromoleucites ; on voit, en examinant le tissu des fruits mûrs de cette plante sous le microscope, que les petits cristaux de lycopine, en forme d'aiguilles, sont enveloppés par de grandes gouttes de pigments jaunes. Enfin, chez certaines plantes, comme *Arum orientale*, *Evonymus japonicus*, *Brassica Rapa*, la quantité de lycopine est presque insignifiante par rapport à la quantité de pigments jaunes.

Le procédé par lequel on peut mettre en évidence la présence de la lycopine dans le tissu à examiner est très simple.

Si le tissu n'est pas riche en eau, on peut le broyer directement dans un mortier avec de l'alcool à 95 °/₀ ; dans ce cas, la plus grande partie des pigments accompagnant la lycopine se dissout dans l'alcool.

On met, après une filtration, la masse broyée dans un récipient contenant de l'alcool absolu et on la fait bouillir jusqu'au moment où le liquide prend une couleur orange très foncée. On filtre ensuite ce liquide, quand il est encore chaud, dans un cristallisoir ; les cristaux de lycopine apparaissent au moment où la dissolution commence à se refroidir. Au bout de quelques heures, la cristallisation est terminée ; on lave la masse cristalline par l'alcool absolu et on répète la cristallisation. On traite les cristaux ainsi obtenus par l'acide acétique concentré qui n'attaque pas les cristaux de lycopine et qui dissout le mélange des pigments jaunes.

La grandeur des cristaux dépend de la rapidité du refroidissement et de l'évaporation du liquide ; on obtient le plus souvent des prismes ou des aiguilles microscopiques réunies en petits groupes qui donnent l'aspect d'étoiles.

Le sulfure de carbone ainsi que l'éther de pétrole dissolvent très facilement la lycopine cristallisée ; on obtient, par une lente

évaporation de ces liquides, des cristaux en forme de prismes.

Les cristaux de lycopine absorbent rapidement l'oxygène et, étant exposés à l'air libre, ils brunissent et au bout de quelque temps se décolorent tout à fait, même à l'obscurité. C'est pourquoi il est préférable pour les études spectroscopiques de préparer les cristaux à partir d'une dissolution de lycopine dans l'alcool bouillant, car dans ce cas les cristaux formés restent plongés dans le liquide à l'abri de l'oxygène de l'air.

Si le tissu contenant la lycopine est très riche en eau, il faut le faire bouillir préalablement dans l'eau en rejetant ensuite la masse bouillie sur un filtre, pour se débarrasser de l'excès de l'eau, et en la desséchant à la fin entre des feuilles de papier filtre. Ce mode de traitement du tissu aqueux est meilleur, d'après mon expérience, qu'une simple dessiccation à l'air libre, car au cours de la dessiccation l'oxygène pénètre dans les cellules mortes et attaque la lycopine.

Comme on le sait, la lycopine possède un spectre d'absorption très caractéristique, et dans beaucoup de cas cette propriété optique peut rendre de grands services s'il s'agit d'une constatation de la présence du pigment dans un tissu à étudier. Pendant mon séjour à Buitenzorg, j'ai profité de l'occasion pour examiner les fruits de divers Palmiers, où se trouve la lycopine déposée en grands cristaux, et pour étudier son spectre d'absorption avec plus de détails.

Après avoir préparé et purifié les cristaux du pigment, extrait des fruits de divers Palmiers, j'ai fait des dissolutions de ces cristaux dans le sulfure de carbone ainsi que dans l'éther de pétrole, et je les ai examinés à l'aide du microspectroscope.

Je donne dans le tableau suivant la position des bandes d'absorption de la lycopine ainsi que leur intensité comparée dans les deux dissolvants indiqués.

Pour qu'on puisse mieux faire la comparaison, je donne aussi les nombres correspondants obtenus par M. Escher, ainsi que ceux constatés par M. Monteverde et moi pour la lycopine de la Tomate et du Melon d'eau.

I. Spectres d'absorption de la lycopine dissoute dans l'éther de pétrole

	Ire bande λ — λ	IIe bande λ — λ	IIIe bande λ — λ	Intensité *comparée* des bandes
Lycopine de la Tomate, d'après M. Escher..........	510-499	480-468	?	I = II (?)
Lycopine de la Tomate et du Melon d'eau, d'après MM. Monteverde et Lubimenko.	515-500	482-466	450-440	II > I ⪰ III*
Lycopine des Palmiers, d'après W. Lubimenko.....	518-500	486-470	450-440	I = II ⪰ III

(*) Le signe ⪰ indique que la bande est beaucoup plus intense que la suivante.

Comme on le voit d'après les nombres du tableau, la lycopine possède, dans l'éther de pétrole, deux bandes d'absorption très développées qui occupent, suivant les données des auteurs cités, sensiblement la même position malgré les différences d'origine du pigment. La troisième bande est si faible que M. Escher ne donne même pas sa position. C'est surtout pour la première bande que les données des divers auteurs varient le plus en ce qui concerne sa largeur et son intensité par rapport à la seconde bande.

II. Spectres d'absorption de la lycopine dissoute dans le sulfure de carbone

	Ire bande λ — λ	IIe bande λ — λ	IIIe bande λ — λ	Intensité *réciproque* des bandes
Lycopine de la Tomate, d'après M. Escher..........	561-536	518-498	482-468	I > II > III
Lycopine de la Tomate et du Melon d'eau, d'après MM. Monteverde et Lubimenko.	562-535	518-495	478-468	II > I ⪰ III
Lycopine des Palmiers, d'après W. Lubimenko.....	565-540	520-500	480-470	I = II ⪰ III

On voit, d'après ces nombres, que la position des bandes d'absorption reste sensiblement la même, suivant les données des divers auteurs ; de petites variations entre les nombres obtenus par les divers observateurs peuvent être attribuées aux erreurs d'expé-

riences. Mais, à part de petites variations dans la position des bandes, il y a encore une différence sensible entre les intensités réciproques des deux premières bandes. La première bande peut être plus intense que la seconde (M. Escher), égale à la seconde (W. Lubimenko), ou enfin, moins intense que cette dernière (MM. Monteverde et Lubimenko).

Des variations si importantes ne peuvent pas être attribuées exclusivement aux erreurs d'expériences ; à part ces erreurs, une différence doit exister dans les substances examinées sous le spectroscope. Il faut remarquer que M. Escher a utilisé, pour ses études chimiques, les conserves de Tomates qu'on trouve sur le marché ; on peut donc supposer que, dans ce cas, la lycopine a été modifiée au cours de la préparation des conserves. Mais, dans les autres cas, les fruits frais ont été employés pour l'extraction du pigment ; par conséquent, une autre cause doit exister qui fait varier le spectre d'absorption de la lycopine.

Comme nous l'avons dit, la lycopine est toujours accompagnée dans les chromoleucites par les pigments jaunes, tels que la carotine et la xanthophylle. Le dernier pigment se dissout facilement dans l'alcool ; on peut le séparer de la lycopine par un simple lavage des cristaux par l'alcool absolu. La carotine est beaucoup plus difficile à séparer, car, même à l'état amorphe, elle ne se dissout que lentement dans l'alcool. C'est donc surtout un mélange avec de la carotine qui peut influencer le spectre d'absorption de la lycopine.

Comparons les spectres d'absorption de ces deux pigments entre eux pour examiner cette influence ; voici ces spectres dans le sulfure de carbone.

BANDES	CAROTINE	LYCOPINE
Ire	λ 533 — λ 508	λ 562 — λ 535
IIme	λ 489 — λ 472	λ 518 — λ 495
IIIme	λ 455 — λ 445	λ 478 — λ 468

On voit, d'après ces nombres, que la première bande de la carotine est placée, à peu près, entre les deux bandes de la lycopine ; la seconde recouvre l'intervalle entre la seconde et la troisième bande de la lycopine.

Par conséquent, un mélange de la carotine et de la lycopine ne peut pas avoir un spectre d'absorption bien défini, car les intervalles

entre les bandes d'un de ces deux pigments sont recouverts par les bandes de l'autre. Pour vérifier cette supposition, j'ai retiré de la carotte la carotine cristallisée et suffisamment purifiée et j'ai fait divers mélanges de lycopine et de carotine en solution dans le sulfure de carbone.

L'examen spectroscopique de ces mélanges m'a montré qu'une petite quantité de carotine, ajoutée à la lycopine, n'a aucune influence sensible ni sur l'intensité comparative, ni sur la position des bandes d'absorption appartenant à ce dernier pigment. C'est seulement une ombre régulière entre les bandes qui fait remarquer le mélange dans ce cas. Quand la quantité de carotine ajoutée augmente, les limites entre les bandes appartenant à la lycopine disparaissent très rapidement et le spectre devient tout à fait troublé ; on ne voit plus qu'une seule large bande entre λ 565-λ465.

D'après les résultats de ces recherches, je suis arrivé à la conclusion que ce n'est pas un mélange avec de la carotine qui peut influencer l'intensité réciproque des deux premières bandes d'absorption de la lycopine.

Pour déterminer la nature du pigment qui produit cette influence, j'ai pris une Tomate en voie de coloration en rouge, et j'ai préparé deux extraits successifs par l'alcool bouillant à 95 °/₀. Après avoir obtenu deux lots de cristaux, je les ai lavés soigneusement par l'alcool pour éloigner toutes les traces des pigments solubles. Voici les spectres d'absorption de chaque lot de cristaux dissous dans le sulfure de carbone :

	PREMIER LOT		DEUXIÈME LOT	
	λ — λ'	INTENSITÉ DES BANDES	λ — λ	INTENSITÉ DES BANDES
Ire bande	562 — 536		564 — 538	
IIme bande . . .	519 — 498	II $\geq$ I $\geq$ III	518 — 498	II > I $\geq$ III
IIIme bande. . .	480 — 468		482 — 468	

On voit par ces chiffres que les bandes appartenant au second lot de cristaux sont écartées un peu à gauche en comparaison de la position des bandes du premier lot. En outre, la première bande du second lot de cristaux est un petit peu moins intense que la

seconde, tandis que la première bande du premier lot est beaucoup plus faible en comparaison de la seconde. Ces faits nous montrent qu'au cours de la formation de la lycopine dans les chromoleucites apparaît un pigment qui est un peu différent de la lycopine par son spectre d'absorption ainsi que par sa solubilité plus facile dans l'alcool chaud.

Il est probable que la formation de la lycopine passe par certains stades qui donnent des produits de plus en plus rapprochés de la lycopine. A ce point de vue les différences dans les spectres d'absorption de la lycopine cristallisée et extraite de diverses plantes par différents auteurs peuvent être facilement expliquées comme les résultats d'un mélange plus ou moins grand de ces produits intermédiaires. Comme nous l'avons dit, la quantité de lycopine varie beaucoup par rapport à la quantité des pigments jaunes dans les chromoleucites de diverses plantes. Dans certains cas la quantité de lycopine est extrêmement faible comparée à la quantité de pigments jaunes. Prenons comme exemple les fruits d'*Arum orientale*. En faisant un extrait alcoolique des parties très rouges des fruits, on obtient une dissolution rouge foncée ; après l'évaporation de l'alcool la plus grande quantité du pigment obtenu reste à l'état amorphe. Mais l'examen microscopique du précipité montre la présence de cristaux en forme de prismes, de dendrites et d'aiguilles. Après un lavage du précipité par l'alcool à 95 °/₀, tout le pigment amorphe s'en va et il ne reste que ces cristaux qui forment une quantité minime de la masse totale du pigment. Si l'on dissout ces cristaux dans le sulfure de carbone, on obtient une dissolution rose-orangée qui montre le spectre d'absorption suivant :

Ire bande. . . .	λ 560-λ 530	Intensité des bandes $II > I \geqq III$
IIme bande . . .	λ 520-λ 490	
IIIme bande. . .	λ 480-λ 460	

Comme on le voit d'après ces nombres, le spectre d'absorption se rapproche de celui de la lycopine ; mais la différence est assez grande pour que les cristaux dont nous avons parlé ne puissent être identifiés avec ceux de la lycopine.

Pour constater la présence de ce dernier pigment chez l'*Arum orientale* il faut prendre un grand nombre de fruits et faire quelques extraits successifs par l'alcool froid à 95 °/₀ jusqu'au moment

où presque tout le pigment s'en va. On dessèche ensuite la masse presque décolorée entre des feuilles de papier à filtrer et on la traite par le sulfure de carbone ou par l'éther de pétrole. Après l'évaporation du liquide on obtient les cristaux prismatiques de la lycopine qui montrent dans le sulfure de charbon le spectre suivant.

I^{re} bande. . . .	λ 562-λ 540	Intensité des bandes
II^{me} bande . . .	λ 518-λ 498	II $>$ I $\geq$ III
III^{me} bande. . .	λ 480-λ 470	

On voit d'après ces chiffres que dans ce cas le spectre peut être identifié avec le spectre de la lycopine suffisamment purifiée.

L'étude des fruits d'*Arum orientale* nous montre nettement que, à part une très petite quantité de lycopine, les chromoleucites de cette plante renferment encore un autre pigment qui ressemble beaucoup à la lycopine et qui n'a aucun rapport avéc la carotine ou avec la xanthophylle.

Prenons un autre exemple. Les racines de *Brassica Rapa* cultivé possèdent une couleur jaune faible. L'examen microscopique nous montre dans le tissu de la racine la présence de chromoleucites d'une couleur jaune orangé très faible ; on ne voit que rarement des cellules contenant les chromoleucites de couleur rose-orange foncée.

Pour se débarrasser d'un excès d'eau, on fait bouillir la racine dans de l'eau jusqu'au moment où le tissu devient tout à fait mou ; ensuite on presse la masse bouillie, en ajoutant de temps en temps de l'alcool à 95 °/o, et on la dessèche entre des feuilles de papier filtre. Puis, on met la masse ainsi obtenue dans un récipient contenant de l'alcool à 95 °/o et on la fait bouillir pendant quelques minutes. Après une filtration, on renouvelle l'alcool et on fait bouillir la masse une seconde fois jusqu'à décoloration complète du tissu. On fait évaporer l'alcool des deux dissolutions successives ainsi obtenues et, en examinant les précipités sous le microscope, on constate que le précipité de la première dissolution contient une masse amorphe de pigments jaunes et un petit nombre de cristaux roses de lycopine, tandis que le précipité provenant de la seconde dissolution consiste en une masse amorphe d'une couleur rose-orange et en un nombre assez grand de cristaux de lycopine.

Une étude spectroscopique du premier précipité dans les divers dissolvants montre qu'il est constitué par un mélange des pigments

jaunes et de lycopine ; les spectres d'absorption sont troubles. On prend le second précipité et on constate que la masse amorphe se dissout dans l'alcool à 95 °/o, quoique très lentement, tandis que les cristaux restent sur les parois du cristallisoir. On fait évaporer la dissolution alcoolique de ce pigment amorphe après l'avoir séparé des cristaux et on lave par l'alcool froid à 95 °/o le précipité obtenu, pour se débarrasser des traces de pigments jaunes. Ensuite on obtient de ce précipité des dissolutions dans l'alcool absolu, dans l'éther de pétrole et dans le sulfure de carbone qui montrent les spectres d'absorption suivants :

	ALCOOL		ETHER DE PÉTROLE		SULF. DE CARBONE	
	λ — λ	Intensité DES BANDES	λ — λ	Intensité DES BANDES	λ — λ	Intensité DES BANDES
Ire bande...	512-490		510-490		552-530	
IIme bande..	470-452	II > I	470-455	II > I	510-485	II > I ≧ III
IIIme bande.	—		—		472-455	

On voit par ces nombres que nous avons ici un pigment qui diffère tout à fait de la carotine et de la xanthophylle mais qui ressemble en même temps à la lycopine.

Quant aux cristaux de lycopine qui restent dans le cristallisoir après des lavages répétés par l'alcool à 95 °/o, on peut les purifier par un traitement avec l'acide acétique concentré. Voici le spectre d'absorption d'une dissolution dans le sulfure de carbone de ces cristaux ainsi purifiés :

Ire bande. . . .	λ 563-536	Intensité des bandes I = II ≧ III
IIme bande . . .	λ 518-496	
IIIme bande. . .	λ 480-468	

On voit d'après ces nombres que c'est un spectre d'absorption de la lycopine à l'état suffisamment pur.

Si nous comparons maintenant le spectre des cristaux avec le spectre du pigment amorphe considéré plus haut, nous pouvons constater que les trois bandes appartenant à ce dernier pigment sont écartées vers la droite en comparaison de la position des bandes correspondantes des cristaux.

L'analyse des pigments renfermés dans les chromoleucites d'*Arum orientale* et de *Brassica Rapa* nous montre que dans les cas

où la quantité de lycopine est très petite par rapport à la quantité totale des pigments, les chromoleucites contiennent toujours des pigments particuliers qui ressemblent plus ou moins à la lycopine ; étant donné cette ressemblance, nous pouvons les désigner provisoirement sous le nom de *lycopinoïdes*. Comme nous l'avons vu, les lycopinoïdes d'*Arum orientale* et de *Brassica Rapa* sont plus facilement solubles dans l'alcool que la lycopine ; ils sont solubles aussi dans l'acide acétique concentré ; leur spectre d'absorption dans le sulfure de carbone montre une grande ressemblance avec le spectre de la lycopine, mais leurs trois bandes d'absorption sont plus ou moins écartées vers la partie bleue-violette du spectre visible et l'intensité de la première bande est toujours inférieure à celle de la seconde. Enfin, les lycopinoïdes cristallisent d'autant plus difficilement que leur spectre d'absorption montre moins de ressemblance avec le spectre de la lycopine.

Une étude détaillée de diverses plantes nous montre que les lycopinoïdes sont très nombreux et que leur constitution est très variée.

Dans nos recherches avec M. Monteverde nous avons constaté la présence dans les fruits de *Capsicum annuum* d'un lycopinoïde qui diffère de la lycopine plus que les lycopinoïdes de l'*Arum orientale* et du *Brassica Rapa*. J'ai observé une série d'autres lycopinoïdes dans les fruits de diverses plantes cueillies dans le Jardin de Buitenzorg. Il m'a été impossible de les dégager du tissu à l'état cristallisé, soit à cause de la présence de substances qui empêchent la cristallisation, comme diverses huiles, soit peut-être parce que les pigments mêmes sont incapables de cristalliser. Pour se débarrasser d'un mélange de pigments jaunes, j'ai adopté la méthode suivante. Je traite le tissu à examiner, l'endocarpe d'un fruit par exemple, par l'alcool à 95 °/₀, plusieurs fois, en broyant la masse dans un mortier. A la fin de ces opérations, il ne reste qu'une partie du pigment que je dissous dans l'alcool froid ou dans l'alcool chaud Ensuite, je fais évaporer le liquide et je lave le précipité par l'alcool froid plusieurs fois ; puis je dissous une partie du précipité dans les différents dissolvants et j'examine les dissolutions au spectroscope.

Je répète encore une fois le lavage du précipité par l'alcool froid et je dissous de nouveau une partie du précipité dans les divers dissolvants ; si l'examen spectroscopique des dissolutions montre que les

spectres d'absorption sont identiques à ceux obtenus pour la première fois, je considère la masse de pigment comme suffisamment purifiée et je la traite par les divers réactifs appropriés.

Dans certains cas, on peut s'assurer de la purification suffisante du pigment obtenu, par un traitement avec de l'acide acétique concentré ; si le précipité ne se dissout qu'en partie dans cet acide, cela prouve que la purification n'est pas suffisante ; il faut la prolonger jusqu'au moment où le précipité se dissout entièrement dans l'acide.

Je donne ici un tableau qui montre les spectres d'absorption des pigments dissous dans le sulfure de carbone qui, d'après les résultats de mes recherches, appartiennent à la classe des lycopinoïdes, et qui, par leurs propriétés optiques, occupent une place intermédiaire entre la lycopine et la carotine. Pour qu'on puisse mieux faire la comparaison, je donne dans le même tableau les spectres de la carotine et de la lycopine, cette dernière extraite d'*Areca Alicæ*.

SPECTRES D'ABSORPTION DANS LE SULFURE DE CARBONE

NOMS DES PLANTES CONTENANT LES PIGMENTS	I^re BANDE λ — λ	II^e BANDE λ — λ	III^e BANDE λ — λ	INTENSITÉ *réciproque* DES BANDES
Daucus Carota L. Racine...	533-508	489-472	455-445	I = II ≥ III
Gonocarium obovatum Hocr. Fruits..................	545-520	505-485	465-455	II > I ≥ III
G. pyriforme Scheff. Fruits.	540-520	510-490	OMBRE 490-460	II > I
Brassica Rapa L. Racine...	552-530	510-485	472-455	II > I ≥ III
Tabernemontana pentastycha Scheff. Fruits	560-530	510-490	480-465	II > I ≥ III
Arum orientale L. Fruits..	560-520	520-490	480-460	II > I ≥ III
Nertera depressa Banks et Soland. Fruits...........	560-540	510-490	OMBRE 490-470	II > I
Lycopersicum esculentum Mill. Fruits.........	562-536	518-495	478-468	II > I ≥ III
Pandanus polycephalus Lam. Fruits ....; *Cœlogyne incrustata* Lindl. Feuilles.................	560-540	525-500	480-470	II > I ≥ III
Capsicum annuum L. Fruits.	560-540	530-500	495-480	II > I > III
Areca Alicæ Muell. Fruits.	565-540	520-500	480-470	I = II ≥ III

Comme on le voit d'après les nombres du tableau, les pigments, désignés par nous sous le nom de lycopinoïdes représentent une

série de substances intermédiaires entre la carotine et la lycopine.

Les lycopinoïdes montrent quelques réactions chimiques communes et caractéristiques aussi pour la lycopine et la carotine. Sous l'action de l'acide sulfurique, ils donnent une dissolution bleue ; l'acide nitrique fumant les décompose rapidement produisant une couleur bleue ou bleue-violètte fugace ; le meilleur dissolvant pour tous ces composés est le sulfure de carbone, ensuite vient l'éther de pétrole, puis l'alcool absolu.

Mais l'acide acétique concentré dissout les lycopinoïdes, tandis que la carotine et la lycopine restent insolubles ; d'autre part, la solubilité dans l'alcool absolu est toujours plus facile pour les lycopinoïdes que pour la lycopine.

Il est intéressant de se demander maintenant d'où proviennent tous ces pigments des chromoleucites et quelles sont les conditions physiologiques de leur formation.

L'observation directe nous montre que les pigments jaunes et rouges des chromoleucites se forment toujours à la place de la chlorophylle en train de disparaître, au moins dans le tissu des fruits. Dans nos recherches avec M. Monteverde nous avons constaté qu'entre la chlorophylle et les pigments jaunes l'accompagnant existe un rapport quantitatif bien déterminé, ce qui donne à penser que la carotine et la xanthophylle sont liées à la chlorophylle par leur genèse commune à partir d'un corps incolore. Mais, plus tard, la chlorophylle peut disparaître sans que la quantité de pigments jaunes change, comme c'est le cas pour les feuilles d'automne. Un phénomène analogue peut se produire aussi dans le tissu vert des fruits. La lycopine et toute une série de pigments semblables peuvent être produits dans les chloroleucites des fruits en même temps que la chlorophylle et ils peuvent y subsister jusqu'au moment de la disparition de la chlorophylle.

Les diverses couleurs des fruits mûrs ne seraient, d'après cette idée, qu'un résultat de la décomposition de la chlorophylle dans les chloroleucites, qui fait apparaître les pigments jaunes et rouges préalablement cachés par le pigment vert.

Mais l'expérience montre que le tissu vert, par exemple de la Tomate prise avant le rougissement, ne renferme dans les chloroleucites aucune trace de lycopine. Avant l'apparition de la lycopine, les chloroleucites perdent leur couleur verte intense, et prennent petit

à petit une couleur vert pâle ; ensuite, on voit apparaître de petits cristaux rose-orange en forme d'aiguilles, le plus souvent une aiguille au milieu de chaque chloroleucite. A un stade plus avancé, on voit des aiguilles accrues en longueur et dépassant de beaucoup le diamètre des chloroleucites.

Même en ce moment, les chloroleucites ne perdent pas tout à fait leur couleur vert pâle. Plus tard encore les corps arrondis des chloroleucites prennent une couleur orange et petit à petit disparaissent en enveloppant les cristaux du pigment.

Quand on voit tous ces changements sous le microscope, l'idée qui vient à l'esprit c'est que la lycopine se forme aux dépens de la chlorophylle en voie de disparition et les expériences physiologiques sur la formation de la lycopine confirment cette supposition.

En faisant des expériences variées sur ce sujet, j'ai constaté que la formation de la lycopine s'arrête si l'on tue le tissu de la Tomate par les vapeurs de chloroforme ou de toluol ; la chlorophylle renfermée dans les chloroleucites se transforme dans ce cas en chlorophyllane.

J'ai constaté aussi par diverses expériences que la formation de la lycopine et des lycopinoïdes dans les fruits du *Lycopersicum esculentum*, de l'*Arum orientale* et du *Solanum Dulcamara* s'arrète si l'on prive les fruits de l'oxygène libre dans l'atmosphère qui les entoure ; dans ce cas, la chlorophylle reste intacte dans les chloroleucites jusqu'au moment de la mort du tissu occasionnée par l'asphyxie (1).

La lumière n'est pas absolument nécessaire à l'accumulation de la lycopine, mais les rayons lumineux accélèrent ce phénomène (2). Au contraire, la chaleur joue ici un rôle important ; en faisant varier la température, on peut arrêter ou faire marcher plus ou moins vite le rougissement des fruits. Ici encore on constate que la formation de la lycopine et la décomposition de la chlorophylle vont toujours ensemble.

Tous ces faits nous donnent à penser que la lycopine et tout une

(1) Il est intéressant de remarquer que la décomposition de la chlorophylle chez les feuilles d'automne s'arrête aussi en l'absence d'oxygène libre.

(2) Dans l'épiderme de la Tomate se trouve encore un pigment jaune soluble dans l'eau ; il est intéressant de remarquer que ce pigment ne se forme qu'en présence de la lumière.

série de lycopinoïdes sont les produits d'une oxydation particulière de la chlorophylle qui se manifeste dans les parties de la plante où les réactions d'oxydation sont le plus énergiques. Le fait que cette oxydation ne se produit qu'en présence de l'oxygène libre, nous donne à supposer que la décomposition de la chlorophylle dans ce cas est occasionnée par certains enzymes oxydants.

Chez les diverses plantes, l'oxydation de la chlorophylle peut aller jusqu'à un stade plus ou moins avancé et peut produire ainsi une série de pigments de plus en plus rapprochés de la lycopine qui semble une substance définitive de cette transformation chimique.

Chez une même plante, la formation de la lycopine passe par des stades successifs caractérisés par la production des lycopinoïdes, et la quantité de la lycopine *accumulée par rapport* à la quantité des lycopinoïdes peut varier beaucoup suivant la température et d'autres conditions physiologiques du développement du tissu.

N'oublions pas aussi que le verdissement ne se produit qu'en présence d'une quantité suffisante d'oxygène libre; d'autre part, comme nous l'avons dit, il faut penser que la carotine et la xanthophylle ne sont que les débris qui restent dans les chloroleucites après la formation du chlorophyllogène à partir d'une substance incolore.

Si nous considérons maintenant qu'à la fin de l'oxydation de la chlorophylle dans le tissu vivant nous retrouvons de nouveau les pigments très rapprochés de la carotine, peut-être même divers isomères de cette dernière, il devient probable que le groupe d'atomes composant la carotine joue un rôle important dans la constitution de la molécule de la chlorophylle.

De tout ce que nous venons de dire à propos de la lycopine, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La production de la lycopine n'est pas une particularité rare, et les plantes les plus différentes, au point de vue systématique, sont capables d'accumuler ce pigment dans leurs chromoleucites.

2° La lycopine est toujours accompagnée dans les chromoleucites par les pigments jaunes, la carotine et la xanthophylle, ainsi que par des pigments de couleurs variées, les lycopinoïdes.

3° Les lycopinoïdes montrent certaines réactions chimiques qui leur sont communes avec la carotine et la lycopine, mais d'après leur

propriétés optiques, ces pigments occupent une place intermédiaire entre la lycopine et la carotine.

4° Certaines plantes, comme par exemple certaines espèces de Palmiers, sont capables d'accumuler dans leurs chromoleucites la lycopine à l'état très pur, ordinairement sous forme de grands cristaux prismatiques. Mais, dans la plupart des cas, le mélange des lycopinoïdes forme une partie plus ou moins considérable du contenu en pigments des chromoleucites, et il y a des plantes chez lesquelles la quantité des lycopinoïdes est très grande par rapport à la quantité de lycopine ; enfin, chez certaines espèces, on ne trouve dans les chromoleucites que les lycopinoïdes mélangés à la carotine et à la xanthophylle.

5° On constate que chez une même plante la formation de la lycopine passe par des stades successifs caractérisés par la production de lycopinoïdes de plus en plus rapprochés de la lycopine.

6° La lycopine et les lycopinoïdes se forment toujours à la place de la chlorophylle et surtout dans les organes qui, comme les fruits par exemple, sont caractérisés physiologiquement par des réactions d'oxydation très énergiques dans leurs tissus.

7° La lycopine ainsi que les lycopinoïdes n'existent pas dans les chloroleucites des fruits avant la décomposition de la chlorophylle.

8° La formation de la lycopine ainsi que celle des lycopinoïdes ne se produit que dans un tissu vivant et en présence de l'oxygène libre dans l'atmosphère entourant le tissu, ce qui prouve que chimiquement c'est une réaction d'oxydation.

9° La chaleur joue un rôle important dans le phénomène de la formation de la lycopine et des lycopinoïdes ; en faisant varier la température, on arrive à accélérer ou à arrêter pour un temps indéfini ce phénomène.

10° La lumière n'est pas nécessaire pour la formation de la lycopine, mais les rayons lumineux accélèrent le phénomène.

11° L'expérience montre qu'il existe une coïncidence frappante entre les conditions physiologiques qui favorisent la formation de la lycopine et des lycopinoïdes et celles qui activent la décomposition de la chlorophylle dans les chloroleucites.

12° Étant donnée cette coïncidence, ainsi que le fait que la décom-

position de la chlorophylle et la formation de la lycopine se passent en même temps et dans les mêmes chloroleucites, il faut penser que la lycopine et les lycopinoïdes sont les produits d'une oxydation particulière de la chlorophylle occasionnée probablement par l'activité des enzymes oxydants.

FORMATION DES CHROMOSOMES HÉTÉROTYPIQUES

CHEZ L'*ASPHODELUS MICROCARPUS*

par M. A. MAIGE

Professeur de Botanique à la Faculté des Sciences de Poitiers.

Les divers stades de la prophase, qui aboutissent chez les plantes supérieures à la formation des chromosomes hétérotypiques, ont fait pendant ces dernières années l'objet d'un nombre considérable de travaux, mais les différents auteurs qui se sont livrés à ces recherches sont loin d'avoir abouti à des résultats concordants. Y-a-t-il, comme le pensent certains cytologistes, un mode unique de formation des chromosomes, ou y en a-t-il, au contraire, comme d'autres le soutiennent, plusieurs essentiellement différents? Il est actuellement impossible de trancher la question et ce n'est que par des études répétées sur des matériaux variés et par une critique serrée des observations et des résultats obtenus, que l'on pourra arriver à une conclusion définitive (1). J'ai entrepris il y a quelques années, dans le but d'apporter une contribution à ces recherches, sur une Liliacée très répandue aux environs d'Alger, l'*Asphodelus microcarpus*, des travaux que j'ai résumés succinctement à cette époque dans une note aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* Ce sont ces recherches que je vais exposer plus en détail dans cet article.

La technique employée a été la technique ordinaire des travaux de cytologie. Les matériaux fixés par le liquide de Chamberlain, auquel on avait ajouté quelques gouttes d'acide osmique, ont été

(1) On trouvera un exposé remarquable de l'état actuel de la question dans le beau Mémoire de Grégoire : Les résultats acquis sur les cinèses de maturation dans les deux règnes *(La cellule* 1910).

inclus dans la paraffine puis étalés en coupe de 5 μ d'épaisseur. La coloration a été faite soit par la méthode de Flemming soit à l'hématoxyline ferrique suivant le procédé de Heidenhain.

Prosynapsis.

Au stade prosynapsis, les cellules mères du pollen présentent un contour polyédrique et sont disposées en un massif serré. La paroi de l'anthère qui les entoure possède outre l'épiderme trois assises de cellules. L'assise nourricière ne présente encore aucune différenciation et les cellules qui la composent ne renferment qu'un seul noyau. Le noyau des cellules mères (pl. 6, fig. 16) est, à ce stade, volumineux ; remplissant la plus grande partie de la cellule, il présente une forme arrondie et une membrane assez nette d'une coloration plus accentuée que celle du protoplasma. A l'intérieur du noyau on trouve plusieurs nucléoles, parfois jusqu'à 5, arrondis ou ovalaires quelquefois étranglés au milieu et de grosseurs généralement peu différentes. Le réseau nucléaire se colore difficilement à ce stade; c'est un réseau à mailles très fines, distribué à la périphérie du noyau, réuni aux nucléoles par de rares travées traversant la cavité nucléaire. Le noyau, quoique beaucoup plus gros, présente en somme à ce stade une constitution très semblable à celle du noyau au repos des cellules végétatives de l'anthère.

L'étape suivante (pl. 16, fig. 2) qui correspond à l'état que Grégoire a désigné sous le nom de *leptonema*, présente des modifications extrêmement nettes dans l'aspect du noyau, dont le volume s'est d'ailleurs accru considérablement. Le nombre des nucléoles est toujours assez grand mais la cavité nucléaire n'est plus tapissée par un réticulum, mais est remplie par un réseau filamenteux assez lâche, assez épais, d'aspect granuleux et se colorant nettement. Souvent on peut observer deux des filaments rapprochés parallèlement sur une certaine longueur au milieu de la cavité nucléaire, mais je n'ai jamais pu observer de véritable appariement et de fusionnement de ces deux filaments en un seul.

Dans les fonds de noyaux en particulier où les rapports des filaments entre eux sont extrêmement nets, ils apparaissent bien isolés et séparés les uns des autres, et rien ne peut faire prévoir l'accolement par paire, qui a été signalé par divers cytologistes, et que Grégoire regarde comme un caractère fondamental de ce stade.

Synapsis.

Le réseau de filaments abandonne peu à peu la cavité nucléaire (pl. 16, fig. 3) pour se rassembler autour des nucléoles qui sont groupés à ce stade dans une même région du noyau. Il n'est pas rare non plus de voir à ce moment deux filaments, parfois même trois, qui courent parallèlement dans la cavité nucléaire, mais une observation attentive montre qu'ils sont toujours nettement distincts. Au commencement de la contraction on aperçoit encore dans le grumeau synaptique les filaments qui le constituent, mais bientôt cet aspect filamenteux disparaît et la masse synaptique prend l'aspect d'une sorte de masse spongieuse (pl. 16, fig. 4), constitution que l'on aperçoit très nettement dans les coupes qui n'intéressent qu'une faible épaisseur de cette masse ou encore sur les bords (pl. 16, fig. 5). Au milieu de cette masse spongieuse on distingue facilement, surtout dans les coupes colorées suivant la méthode de Flemming, les nucléoles rouges et des corpuscules de même coloration mais plus petits et de forme variée situés au milieu du reste moins coloré. Cette masse spongieuse a-t-elle la constitution d'un réseau formé par l'anastomose répétée des filaments du noyau leptotène ou bien est-ce une apparence résultant de l'entrecroisement multiplié de ces filaments comme pourrait le faire penser l'existence de filaments libres que l'on aperçoit émergeant çà et là dans certains noyaux ? Il est impossible de se prononcer sur ce point. Quoiqu'il en soit, les filaments du *spirème* ne tardent pas à apparaître avec une teinte plus foncée au milieu du reste de la masse synaptique plus pâle (pl. 16, fig. 6). Se différencient-ils par accolement deux à deux des filaments leptotènes ou par un processus de condensation de la chromatine analogue à celui qui aboutit à la formation des filaments leptotènes eux-mêmes ou du spirème dans les cellules végétatives ? Il est impossible de se prononcer ; dans tous les cas, il est certain que les nucléoles et les granules rouges disséminés dans la masse synaptique prennent part à sa formation car à ce moment les granulations disparaissent ainsi que tous les nucléoles sauf un seul.

A ce stade de la différentiation du spirème, on observe souvent dans les filaments qui émergent de la masse périnucléolaire (pl. 16, fig. 7) des dualités qui pourraient faire songer à attribuer au spirème une nature [double, mais une étude attentive m'a montré qu'elles

étaient toujours dues à un rapprochement accidentel de deux filaments différents du spirème et non à la séparation de filaments du spirème en deux autres filaments qui préexisteraient en lui.

Le spirème ainsi formé s'étend peu à peu dans la cavité nucléaire qu'il finit par envahir complètement, il est formé d'anses discontinues assez épaisses, mais simples et ne présentant en aucun point de fentes longitudinales (pl. 16, fig. 8). A ce stade la paroi de l'anthère et les cellules mères ont évolué considérablement; l'assise nourricière possède deux noyaux, et l'assise transitoire considérablement aplatie est en voie de disparition. Les cellules mères ne forment plus un massif compact au milieu de l'anthère ; elles sont isolées les unes des autres tout en ayant gardé leurs contours polyédriques.

Formation des chromosomes.

Cette formation se traduit d'abord par l'existence au milieu de la cavité nucléaire d'un spirème divisé en de nombreux tronçons en forme d'anses réunis autour du nucléole dans une partie de la cavité nucléaire (pl. 16, fig.9) : c'est le stade désigné par Mottier sous le nom de *second synapsis*. Plus tard les tronçons affectent des formes variées en O, I, 8, etc., c'est-à-dire les formes que l'on observe à la diachinèse et l'on pourrait très bien concevoir (si l'on n'observait pas les coupes présentant les états intermédiaires) que les chromosomes de la diachinèse proviennent des formes précédentes par simple raccourcissement et condensation de la chromatine, c'est-à-dire par le *processus métasyndétique* de Farmer et Moore, Mottier, et autres cytologistes. Mais une observation attentive montre qu'il n'en est rien. On peut déjà en effet distinguer à ce stade dans certains chromosomes l'apparition d'une division longitudinale. Cette division se manifeste par une vacuolisation (pl. 16, fig. 10) apparaissant en des points quelconques des tronçons spirématiques qui, à la vérité, ne donnent à ce moment en aucune façon l'impression que produirait le décollement de deux filaments auparavant juxtaposés. La longueur très inégale que présentent les divers tronçons chromosomiques, sans que leur épaisseur ou leur coloration soit en rapport, milite en faveur de l'hypothèse qu'ils proviennent d'une subdivision transversale des tronçons spirématiques du stade précédent.

La formation des chromosomes se continue ensuite par un triple

processus qui va en se développant avec une vitesse variable dans les différentes parties du noyau : division transversale des tronçons du spirème, division longitudinale, condensation de la chromatine.

Ce triple processus affectant inégalement les différentes parties du noyau, il en résulte que dans un même noyau on trouve à côté de chromosomes doubles, déjà formés, d'autres chromosomes en voie de se diviser longitudinalement, et enfin des fragments de spirème encore indivis et où la concentration de la chromatine qui précède la segmentation transversale commence seulement à se manifester.

Le mode suivant lequel s'effectue la division longitudinale explique fort bien les formes variées des chromosomes de la diachinèse (pl. 16, fig. 11 et 12). Si les vacuoles de séparation se font aux deux bouts du chromosome sans atteindre le milieu, le chromosome double prend l'aspect d'un X. Si elles se font un peu avant les deux extrémités on a l'aspect d'un 8, au milieu l'aspect d'un O, a un bout seulement l'aspect d'un U ou d'un V.

Considérations générales.

La série des stades, que j'ai décrits dans cet article, correspond entièrement aux séries détaillées établies dans leurs travaux par Grégoire et ses élèves ; cependant je ne puis me rallier aux vues si intéressantes du savant cytologiste de Louvain. D'après cet auteur (1), et je reconnais volontiers que cette opinion est admise par de nombreux cytologistes, le spirème épais proviendrait de l'accolement 2 à 2 des filaments des noyaux leptotènes. Outre que cet accolement, par la précision presque mathématique de mouvement qu'il suppose, me paraît difficilement acceptable, je ne saurais voir dans les cas de dualité de filaments (qui d'ailleurs restaient toujours indépendants) que j'ai observés au stade des noyaux leptotènes une raison suffisante pour admettre un appariement général de ces filaments 2 à 2. L'étude des *Nymphea alba* et *Nuphar luteum* que j'ai faite en collaboration avec Lubimenko, l'examen des préparations des élèves qui ont poursuivi dans mon laboratoire des recherches de cytologie sur les *Agave attenuata* (De Lary de Latour, 1907), *Lobelia erinus* (Armand, 1912), *Barbula muralis* (Boucherie, 1912) et même celui des coupes de *Polypodium vulgare* (De Litardière, 1912) bien

(1) Grégoire. Loc. cit.

que cet auteur ait interprété certains aspects de ses préparations en faveur de l'appariement, ne m'ont fourni aucun document indiscutable en faveur de cette hypothèse. Je n'en méconnais ni l'intérêt théorique, ni le côté très séduisant, mais j'avoue que je reste quelque peu sceptique, et que la lecture même des Mémoires de Grégoire et de ses élèves, et l'examen attentif de leurs dessins ne m'ont pas convaincu.

Cette hypothèse ne me paraît d'ailleurs nullement indispensable pour expliquer la formation du spirème épais, et pour ma part j'admettrais volontiers que celui-ci se dégage de l'amas reticulo-spongieux de la masse synaptique par une concentration de la chromatine que l'on pourrait d'ailleurs regarder comme commençant aux stades présynaptiques et qui serait assez analogue à celle qui détermine la formation du spirème dans les cellules végétatives. J'ai toujours vu le spirème simple dès l'origine dans tous les objets où il m'a été donné de l'observer et là encore je ne puis admettre comme preuve d'une nature double les quelques dualités que l'on peut voir surtout au stade du spirème épais et qu'un examen attentif m'a toujours montré provenir de filaments différents accidentellement rapprochés.

Le mode de formation des chromosomes a soulevé et soulève encore aujourd'hui d'abondantes discussions. Il faut avouer qu'il est impossible de concilier les vues contradictoires sur ce point de Grégoire et de son école qui considèrent les paires de chromosomes de la diachinèse comme provenant de moitiés situées côte à côte dans le spirème (processus parasyndétique) et celles de Farmer et Moore, Mottier, etc., qui les regardent comme provenant de parties du spirème placées bout à bout (processus métasyndétique).

Faut-il admettre avec certains cytologistes qu'il y a deux processus de formation des chromosomes hétérotypiques chez les végétaux ? Je ne le crois pas. Pour ma part, l'étude de l'*Asphodelus microcarpus* me paraît apporter un appui très net en faveur du processus parasyndétique et, après examen des figures de Farmer et Moore et de Mottier, je crois fermement qu'une revision méticuleuse des objets qu'ils ont observés conduirait à des résultats favorables à ce processus.

L'étude de la prophase hétérotypique réserve encore, j'en suis persuadé, bien des découvertes, et quoique la question ait fait depuis

dix ans l'objet de travaux nombreux et remarquables, il faut avouer qu'il en faudra sans doute encore beaucoup d'autres pour éclaircir les problèmes si intéressants qu'elle a soulevés et laissés non résolus.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 16.

Fig. 1. — Noyau au début du stade prosynapsis ; la substance chromatique est distribuée en un fin réseau à la périphérie du noyau.

Fig. 2. — Noyau leptotène ; le fin réseau chromatique du stade précédent s'est transformé en un réseau filamenteux.

Fig. 3 — Début du stade synapsis ; le réseau chromatique se concentre autour du nucléole dans une partie de la cavité du noyau ; la masse synaptique présente encore la structure filamenteuse ; la contraction n'est pas encore complète.

Fig. 4. — Stade synaptique ; on distingue au milieu de la masse spongieuse synaptique les nucléoles et quelques granulations qui présentent la même coloration.

Fig. 5. — Stade synaptique ; on distingue au bord de la masse la constitution réticulo-spongieuse qu'elle présente.

Fig. 6. — Fin du stade synapsis ; le spirème commence à se différencier au milieu du grumeau synaptique ; la figure représente la vue d'un fond de noyau.

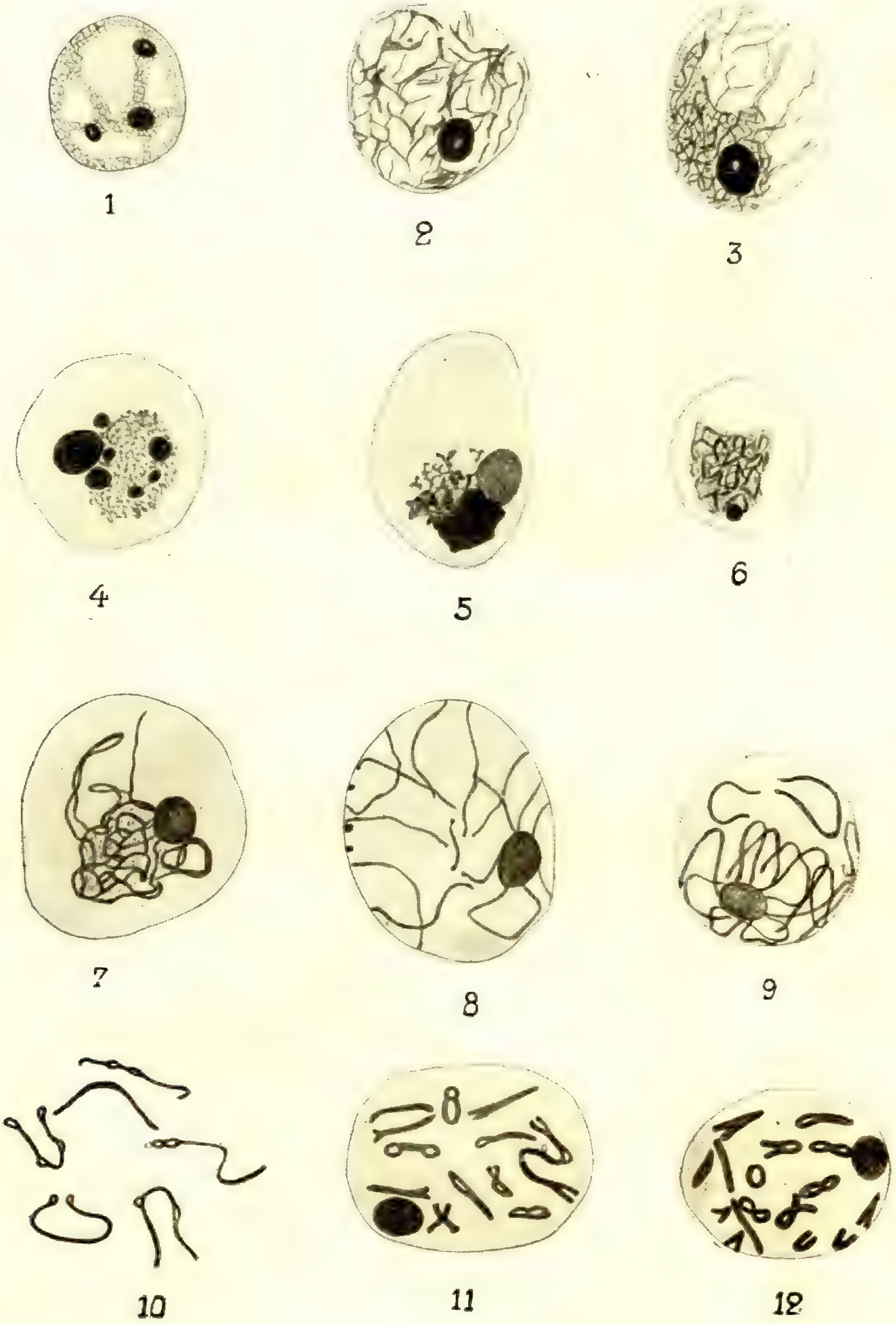
Fig. 7. — Début du stade du spirème.

Fig. 8. — Stade du spirème.

Fig. 9. — Début de la formation des chromosomes ; le spirème est divisé en tronçons disposés en anses groupées dans une région de la cavité du noyau (second synapsis).

Fig. 10. — Début de la formation des fentes longitudinales dans les tronçons spirématiques de la fig. 9.

Fig. 11 et 12. — Stades ultérieurs de la formation des chromosomes qui aboutissent à la diachinèse.



A. Maige del. Bertin et Cie sc.

Prophase hétérotypique de l'Asphodelus microcarpus.

VARIATIONS EXPÉRIMENTALES

DU

TRICHOLOMA NUDUM

DISPARITION PROGRESSIVE DE CERTAINS CARACTÈRES SPÉCIFIQUES OU GÉNÉRIQUES

CHEZ UN CHAMPIGNON BASIDIOMYCÈTE CHARNU

par **M. L. MATRUCHOT**

Professeur de Botanique à la Sorbonne.

Depuis les recherches effectuées en commun par M. J. Costantin et par moi sur la culture du *Tricholoma nudum* (1), j'ai entrepris seul quelques expériences de longue haleine, en vue de rechercher l'influence des conditions de milieu sur la variabilité de cette espèce.

L'expérimentation sur les Champignons Basidiomycètes charnus est des plus difficiles, car on ignore, pour presque tous, les conditions même du développement normal, autrement dit on ne sait pas les cultiver (2).

Or, même pour celui qu'on sait le mieux cultiver, le Champignon de couche, il ne semble pas que l'étude de l'influence des conditions de milieu (autres que celles qui se rapportent au substratum nourri-

(1) J. Costantin et L. Matruchot. Sur la culture du Champignon comestible dit « Pied Bleu » *(Tricholoma nudum)*, 27 pages, avec 6 fig. dans le texte et une planche *(Revue générale de Botanique*, tome XIII, 1901, p. 449).

(2) Les seules espèces de Basidiomycètes charnus dont à ce jour, on ait pu obtenir le développement complet jusqu'à fructification, depuis la spore jusqu'au chapeau sporifère inclus, sont : le Champignon de couche (*Psalliota campestris)* (Costantin et Matruchot, 1893), le *Collybia velutipes* (Costantin et Matruchot, 1894) le *Pleurotus ostreatus* (Matruchot, 1897), le « Pied bleu » *(Tricholoma nudum)* (Costantin et Matruchot, 1898), le *Pleurotus cornucopioides* (Matruchot, 1910), le *Tricholoma amethystinum* (Matruchot, 1911) et le *Lepiota procera* (Matruchot, 1912).

cier) sur la morphologie du Champignon, ait fait l'objet d'une expérimentation suivie.

Le « Pied-bleu » *(Tricholoma nudum)*, dont nous avions, M. Costantin et moi, déterminé avec assez de précision les conditions de développement, m'a paru constituer un excellent matériel d'études pour l'objet que j'avais en vue, et depuis 1902 je poursuis régulièrement des observations sur les variations culturales de cette espèce (1).

Parmi les problèmes que je m'étais posés figurait celui de l'acclimatation en cave du *Tricholoma nudum*, c'est-à-dire l'étude de la culture de ce Champignon à l'abri de la lumière et à température constante, pendant un long temps.

Deux moyens s'offraient à moi de perpétuer l'espèce dans une série de cultures en cave ; l'un, en multipliant indéfiniment un même mycélium originel, sans que toutefois je fusse à priori certain de pouvoir obtenir ainsi une végétation indéfinie ; l'autre, en reproduisant de temps à autre l'espèce, à l'aide des spores nées sur les chapeaux fructifères.

Je ne donnerai ici que les résultats de la première série d'expériences, au cours de laquelle c'est un même mycélium originel qui a été bouturé successivement, pendant onze années, en décembre ou en janvier.

Les cultures ont toujours été faites dans des meules de feuilles de Hêtre, lesquelles constituent un substratum de choix pour le développement du « Pied-bleu ». A chaque nouveau report du mycélium, les mises de lardage employées pour l'ensemencement d'une meule nouvelle étaient faites d'une plaquette de feuilles envahie par des filaments mycéliens encore jeunes et arrachée à une meule de l'année précédente.

1. — Une première remarque importante à faire ici dès le début, est relative à la persistance de la vitalité du mycélium ainsi bouturé. A l'heure actuelle, onze bouturages successifs, à partir du mycélium germinatif provenant des spores, ont été faits. Or, les actuels mycé-

(1) Ces expériences ont été poursuivies dans les caves en sous-sol de l'Observatoire, où la température est remarquablement constante (11°) et où l'obscurité est complète. Je tiens à remercier ici M. Baillaud, Directeur de l'Observatoire, pour l'obligeance avec laquelle il me laisse la jouissance de ces sous-sols.

liums de report sont aussi vigoureux et se développent aussi activement qu'au premier jour ; comme au début, de petites meules, lardées en quinconce à des distances de 25-30 centimètres, sont à peu près complètement envahies au bout de six à dix mois.

Il ne fait pas doute pour moi que la persistance de la vitalité du mycélium de cette espèce doit être considérée comme indéfinie ; il suffirait de s'astreindre à choisir, comme boutures, les parties jeunes du mycélium pour obtenir, par des reports successifs, une végétation indéfiniment renouvelée, à condition toutefois que le substratum de culture soit en parfait état.

Ce point a d'autant plus d'intérêt théorique et d'importance pratique qu'il n'en est pas de même, on le sait, pour le Champignon de couche. Le mycélium de la Psalliote champêtre, cultivé sur du fumier qui a subi un travail de fermentation préalable, ne se prête qu'à un petit nombre de « relèves », c'est-à-dire de bouturages successifs ; bientôt il dépérit, fructifie mal et doit être abandonné par le champignonniste (1).

2. — Un second point également important, tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, est la persistance de la faculté de fructification.

Tous les mycéliums obtenus de reports successifs se sont montrés capables de fructifier, en donnant des chapeaux sporifères aussi développés et même, comme nous l'allons voir, plus grand que les chapeaux normaux. Actuellement, en novembre 1913, se développent, sur une meule de l'année, des fructifications nées d'un bouturage de 10e rang à partir de l'origine (planche 17).

3. — Il y a plus. Non seulement la faculté de fructifier s'est maintenue intacte ; mais elle s'est en quelque sorte accrue en s'étendant à toutes les saisons de l'année. Déjà, dans les cultures que M. Costantin et moi avions réalisées en 1898 et 1899, nous avions observé une remarquable extension de l'époque de fructification : le « Pied-bleu », qui, dans la nature, est une espèce d'automne, se montrant rarement au delà de la période octobre-décembre, s'était

(1) Toutefois on est en droit de supposer que cette dégénérescence du mycélium de Champignon de couche tient aux conditions spéciales de la culture artificielle ; car dans la nature ce mycélium, qui vit dans les friches ou les prairies, y déterminant la formation des « ronds de sorcières », se montre indéfiniment vivace et persistant.

montré, dans nos essais de culture en cave, susceptible de fructifier à des époques assez espacées, de janvier à juillet. « Ce résultat, écrivions-nous (1), a un grand intérêt pratique, car il montre qu'on peut espérer récolter ce Champignon, en cave, à toute saison de l'année pour ainsi dire, en tout cas à des époques, janvier et juillet, où par suite des froids intenses ou de la sécheresse exagérée, jamais il ne se développe dans la nature ».

L'espoir que nous émettions alors est aujourd'hui réalisé : il n'est pas de mois de l'année où je n'aie pu récolter du Pied-bleu dans les caves de l'Observatoire. Un moyen bien simple d'obtenir ce résultat est le suivant. Au lieu d'ensemencer une meule dans ses diverses parties à la fois, ce qui assure un envahissement simultané, ou à peu près, de toute la masse, il suffit de faire choix d'une meule assez longue (2 mètres par exemple) et de ne l'ensemencer qu'à un bout. Le mycélium met un très long temps, deux ans et plus à gagner l'autre bout ; de sorte qu'à un moment donné, il y a dans la même meule des mycéliums de tout âge, depuis le mycélium jeune qui est loin encore de pouvoir fructifier, jusqu'aux filaments très âgés, qui ont cessé de donner des chapeaux, après avoir épuisé la meule à l'endroit qu'ils occupaient. Mais, dans la région intermédiaire de la meule, on trouve du mycélium apte à fructifier, c'est-à-dire se présentant sous forme de gros cordons blancs rampant à terre.

Il convient d'ailleurs de remarquer que, dans les caves de l'Observatoire, les variations saisonnières de température, d'éclairement, etc... ne se font pas sentir ; on y peut d'autre part, par des arrosages, modifier à volonté le degré hygrométrique de l'atmosphère. Dès lors, toutes les conditions sont réalisées pour qu'à une époque quelconque de l'année, puissent se produire sur la meule en expérience des chapeaux fructifères. En fait, il s'en produit d'une façon presque ininterrompue. Une meule ensemencée à un bout en janvier 1912, a fourni sans discontinuer des chapeaux fructifères depuis juin 1913 jusqu'à décembre.

La preuve est donc faite que le *Tricholoma nudum,* cultivé en cave profonde, peut fructifier en toute saison de l'année.

4. — Arrivons enfin à l'étude de la fructification elle-même.

(1) Costantin et Matruchot (loc. cit. p. 468).

On connait les caractères génériques des Tricholomes et les caractères spécifiques du *Tricholoma nudum*.

La série des Tricholomes, d'après Patouillard (1), renferme les Agaricés à spores blanches, à chapeau et pied confluents et également charnus, qui ont les lames sinuées. Toutes les espèces présentent à l'origine un voile général continu, qui disparaît dans l'âge adulte *(Tricholoma)* ou persiste en anneau sur le pied *(Armillaria)*; elles sont génériquement très voisines les unes des autres et pourraient être réunies dans un même groupe comme l'a indiqué Quélet.

Le genre *Tricholoma* *(sensu stricto)* est ainsi caractérisé par Patouillard : « Chapeau et stipe également charnus ; lames sinuées postérieurement ; voile général fugace ; spores lisses. »

Quant à l'espèce *Tricholoma nudum,* elle se distingue par son pied élastique et souvent creux avec l'âge, tomenteux, de couleur lilas ou violette. Le chapeau est ferme, élastique, hémisphérique puis étalé, large de 5 à 10 centimètres, à bords repliés en dessous et pruineux ; il est d'abord de couleur améthyste, puis bientôt brun ou couleur noisette. Enfin les lames sont serrées, étroites, d'un violet clair, sinuées au voisinage du pied puis un peu décurrentes (2). La baside, cylindrique, porte 4 spores ovoïdes, lisses, mesurant 8 μ environ. La chair est fine et agréable au goût, l'odeur anisée.

Tels étaient effectivement les caractères du Pied-bleu qui a servi de point de départ aux cultures en cave. Or, les fructifications fournies par les meules actuelles, qui proviennent d'un bouturage de 10e rang à partir du mycélium originel, diffèrent profondément du type initial de fructification. (Comparer les échantillons reproduits côte à côte dans la planche 17 ; à droite est un individu normal de *Tricholoma nudum,* recueilli dans le bois de Meudon, au mois de novembre ; à gauche est une touffe de deux individus provenant des caves de l'Observatoire).

Tout d'abord on remarquera que les Tricholomes poussés en cave ont un caractère de gigantisme très marqué, le pied peut atteindre jusqu'à 15-18 centimètres de hauteur et le chapeau 14 cent. de diamètre.

(1) N. Patouillard. Essai taxinomique sur les familles et les genres des Hyménomycètes, Lons-le-Saulnier 1900, p. 158.

(2) Cf. Quélet, Flore mycologique ; Rolland, Atlas des Champignons ; Costantin et Dufour, Flore des Champignons.

Le pied a grossi démesurément, mesurant jusqu'à 4 ou 5 centimètres de diamètre ; il est irrégulièrement cylindrique, comme tuméfié, complètement creux, lobé, fendu et presque subdivisé longitudinalement.

Le chapeau, à bords très fortement repliés et marginés, est légèrement infundibuliforme ; les lames qu'il porte sont longuement décurrentes sur le pied, et ne présentent plus aucune trace du sinus caractéristique des Tricholomes.

Enfin, le pigment violet n'existe plus, ni sur le pied qui est blanc, ni sur les lames qui sont de couleur crème, ni sur le chapeau qui est d'un blanc soyeux à peine teinté de café au lait très clair.

Ces modifications de forme et d'aspect sont si marquées qu'au premier abord, on pourrait se croire en présence d'un Agaric bien différent des Tricholomes, par exemple d'un *Clitocybe,* tel que *Clitocybe nebularis.*

Et ceci, me semble-t-il, justifie une vue déjà ancienne de Fayod (1) qui envisageait dans le groupe des Tricholomes l'existence de plusieurs séries d'espèces, l'une de ces séries pouvant être en rapport avec les *Clitocybe.*

Ces modifications de forme et de couleur n'ont pas apparu brusquement, sauf en ce qui est le gigantisme du pied : celui-ci, dès le début, a en quelque sorte le caractère étiolé des plantes poussant à l'abri de la lumière : il est allongé, déformé et creux ; toutefois ces traits vont encore s'accentuant dans les cultures ultérieures.

Mais la pigmentation violette n'a disparu que progressivement ; c'est seulement vers la 5ᵉ ou la 6ᵉ année qu'elle s'est effacée à peu près complètement. Quant à la couleur brune ou café au lait de la face supérieure du chapeau, elle est plus tenace ; les cultures actuelles provenant du 10ᵉ bouturage la présentent encore quoique très faiblement.

Enfin, la forte décurrence des lames et la disparition de leurs sinus se sont faites également de façon graduée. Au fur et à mesure que le chapeau se relevait davantage, on pouvait voir, d'année en année pour ainsi dire, les lames s'allonger le long du pied et en même temps le sinus devenir moins apparent Cette année même, c'est-à-dire seulement après onze ans de culture ininterrompue du

(1) Fayod. Prodrome d'une Histoire naturelle des Agaricinées. *(Annales des Sciences nat., Botanique,* 7ᵉ série, tome IX, 1889, p. 347).

mycélium en cave, l'échancrure des lames, qui, comme nous l'avons vu plus haut, est un caractère générique des Tricholomes, a enfin disparu totalement.

Ainsi donc, en résumé, l'expérimentation apprend que le *Tricholoma nudum*, cultivé en cave, à l'obscurité, à une température constante de 11° et dans une atmosphère normalement hygrométrique, végète aussi vigoureusement que dans la nature ; mais il perd progressivement certains de ses caractères, en particulier son pigment violet, qui est un caractère de l'espèce *nudum*, et le sinus de ses lames voisin du pied, qui est un caractère du genre *Tricholoma* : ce double changement s'observe sur tous les individus sans exception.

Malgré ces modifications si profondes de la forme et de la couleur du champignon, l'hyménium, la baside et la spore gardent leurs caractères normaux de structure, de forme et de dimensions. De plus, le goût délicat et le parfum anisé du champignon subsistent intégralement, ce qui indique que le chimisme profond des cellules n'est pas sensiblement modifié.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 17.

Tricholoma nudum.

A droite, individu normal ; à gauche, individus provenant de la culture. (Figure réduite de 1/4).

L. MATRUCHOT phot. BERTIN et Cie sc.

Tricholoma nudum

INFLUENCE DU MILIEU

SUR L'ÉVOLUTION DU

LOPHODERMIUM NERVISEQUUM

NOUVELLES RECHERCHES

par M. Emile MER

Ancien Inspecteur

à la Station de recherches de l'École Nationale Forestière.

Pour que la connaissance de la maladie d'une plante, causée par un parasite végétal, soit complète, pour que les diverses phases de l'évolution de ce parasite soient bien établies, suivant les diverses conditions de milieu où il se trouve placé, il importe d'en poursuivre l'étude dans l'espace et dans le temps. Son processus vital se modifie en effet plus ou moins, suivant les régions et, dans une même région, suivant les variations de l'état climatérique des saisons. C'est ce que j'ai cherché à établir pour deux parasites particulièrement intéressants à cet égard : les *Lophodermium macrosporum* et *nervisequum* (1). En ce qui concerne ce dernier, j'ai procédé, en 1912 et en 1913, à quelques nouvelles recherches, dans le but de confirmer certains points, d'en fixer d'autres qui, dans mon Mémoire, n'avaient pas reçu tous les développements nécessaires, notamment en ce qui se rapporte à l'influence du milieu.

1) Le *Lophodermium macrosporum,* parasite des aiguilles d'Épicéa, *(Revue générale de Botanique,* 1910, p. 297 et suiv., et *Bull. de la Société des Sciences de Nancy,* 1910. pp. 1 à 59).

Le *Lophodermium nervisequum*. *(Bull. de la Soc. des Sciences de Nancy,* 1912, pp. 97 à 176).

I

Robert Hartig a constaté qu'en Allemagne, dans les régions montagneuses de l'Erz Gebirge, des aiguilles de Sapin, contaminées par *L. nervisequum*, commencent à brunir au mois de mai (1). Un grand nombre de celles qui sont atteintes tombent peu après l'infection, sans avoir fructifié; sur celles qui restent adhérentes au rameau, des files de spermogonies se forment, vers la fin du printemps, à la face supérieure, au-dessus de la nervure. Les périthèces apparaissent en juin, sur la ligne médiane de la face opposée; mais leurs asques commencent à peine à se former la première année. Ce n'est qu'au printemps suivant, qu'elles achèvent leur développement, pour mûrir en mai.

Les choses se passent différemment dans la plaine de Neustadt Eberswalde. Bien que la dissémination des spores ait lieu également en mai, les aiguilles ne brunissent qu'en juillet sur les feuilles adhérentes. Aucune spermogonie ne se forme, ni sur la face supérieure, ni sur l'inférieure. Quant aux périthèces, ils mûrissent du mois d'avril au mois de juin de l'année suivante. Ils ne sont plus alignés, mais isolés et répartis sur l'une ou l'autre face, indistinctement. Ainsi, de notables différences s'observent, suivant que le parasite évolue en montagne ou en plaine. Dans le dernier cas, un intervalle de plusieurs mois s'observe entre l'infection et le brunissement de l'aiguille. Le parasite subit dans sa marche un temps d'arrêt que Hartig attribue à la sécheresse du climat de plaine.

Dans les Hautes Vosges, l'évolution du parasite diffère de celle qu'il présente dans l'une et l'autre des stations allemandes. En général, les aiguilles brunissent dès le mois de mars ou d'avril, quelquefois en hiver, quand il n'est pas rigoureux. Les spermogonies apparaissent à la fin de mai; du mois d'août au mois d'octobre, elles se vident et l'on ne voit plus dans leur cavité que de rares filaments mycéliens. Les périthèces prennent naissance, dans le courant de l'été, mais demeurent généralement, jusqu'à la fin de cette saison, à un état rudimentaire, dessinant à la surface inférieure quelques traits noirs, interrompus et peu saillants. Souvent même la coloration noire est faiblement marquée, par places du moins, et les légères saillies qui

(1) Wichtige Krankeiten der Waldbaüme 1874.

recouvrent la nervure n'ayant que la teinte brune de l'aiguille, ce n'est qu'à un léger froncement de la surface de ces saillies qu'on peut reconnaître celles-ci comme des débuts de périthèces. Généralement ils ne renferment qu'un stroma jusqu'à la fin de l'automne. Parfois cependant des paraphyses commencent à apparaître, mais leur taille est encore très réduite au début de l'hiver. Cet état persiste jusqu'au printemps de l'année suivante. A cette époque, les saillies périthéciales deviennent plus accentuées et plus noires. Les fragments des périthèces, interrompus jusque-là, se réunissent, les paraphyses s'allongent et de rectilignes qu'elles étaient, deviennent ondulées en mai et en juin. Mais les asques ne commencent à se former qu'en juillet, parfois seulement en août et septembre. L'état climatérique de l'été paraît avoir, à cet égard, une influence bien marquée. C'est ainsi qu'en 1912, où le commencement de cette saison fut assez chaud, les asques ont mûri au commencement d'août, tandis qu'en 1913, où les mois de juin, de juillet et même la première partie d'août ont été humides et froids, la maturation n'eut lieu qu'en août et septembre, et qu'en 1911, où l'été fut très sec, les asques se formèrent plus tard encore, en septembre et en octobre. C'est seulement à la fin de l'été ou même au début de l'automne, qu'a lieu ordinairement la dissémination des spores, tandis qu'en Allemagne (plaine ou montagne), elle a lieu généralement au printemps.

Dans les Hautes Vosges, l'infection se produit donc quelques mois plus tard que dans l'Erz Gebirge ou à Neustadt-Eberswalde. Ce retard, dû sans doute à la basse température qui caractérise presque toujours le printemps vosgien, entraîne une conséquence importante. La saison étant trop avancée pour que, dans les aiguilles nouvellement contaminées, le parasite puisse se développer, les spores, après avoir pénétré par les stomates, ne produisent, avant l'hiver, que quelques filaments germinatifs, insuffisants pour provoquer le brunissement de l'aiguille. C'est au printemps seulement que, à la faveur de l'élévation de température et, souvent, avant le réveil de la végétation, le brunissement apparaît. Toutefois, dans les hivers exceptionnellement doux, comme ceux de 1912 et de 1913, des aiguilles brunes commencent à se montrer en assez grand nombre, dès le mois de janvier. Tandis que dans les localités citées par Hartig, il ne s'écoule qu'une année, de mai à mai, entre l'infection et la maturité des périthèces, il s'en écoule deux, dans les

Vosges, d'août ou de septembre au mois d'août ou de septembre de la seconde année suivante. Ce grand écart provient, d'une part, de l'époque tardive de l'infection, parce que, en raison de la basse température de l'automne et de l'hiver, ses effets ne commencent à se faire sentir que plusieurs mois après, et d'autre part, de la lenteur d'évolution des périthèces auxquels il faut quinze mois et quelquefois davantage pour parvenir à maturité. Pendant la première année, leur développement est faible, parfois presque nul. Normalement, c'est en juillet et en août de la seconde année, que les asques sont complètement formées. Mais il peut arriver que ce soit seulement en septembre et en octobre.

*
* *

Dans les aiguilles recueillies sur différents arbres d'un massif, l'évolution des périthèces, pendant la seconde année, n'est pas uniforme. Il y a parfois de grands écarts. Les uns peuvent avoir perdu leur contenu, alors que, dans d'autres, à la même époque, les asques ne sont même pas encore parvenues à maturité. C'est ce qui ressort des observations suivantes :

20 Juin 1913. — La plupart des périthèces examinés ne renferment pas encore de thèques, mais seulement des paraphyses ondulées. Dans quelques aiguilles, se trouvent des thèques à leur début. En juillet et en août, les périthèces munis d'asques sont plus nombreux, mais plusieurs en sont encore dépourvus.

3 Septembre 1913. — Des aiguilles parvenues à leur seconde année d'évolution, portent à la face inférieure, une file noire, bien marquée, de périthèces. Cette file, pourvue d'un sillon longitudinal, n'est pas continue, étant formée de plusieurs parties, plus ou moins saillantes. Dans la plupart des aiguilles, les périthèces ont encore leurs asques. Chez quelques-unes, ils ne renferment plus que des paraphyses. Dans des coupes en série, les divers états peuvent se rencontrer. Un périthèce peut même renfermer des asques à différents degrés de développement.

Quand la maturation des asques s'est effectuée, le premier signe avant-coureur de la dissémination prochaine est une légère modification dans la disposition des paraphyses. De rectilignes qu'elles étaient au printemps, quand elles n'avaient pas atteint leur taille, elles étaient devenues onduleuses en été, la hauteur insuffisante du

périthèce ne leur permettant pas de rester droites. Mais, même à cette époque, elles ne remplissaient pas complètement la cavité périthéciale. Entre le sommet de la voûte et la partie supérieure de l'amas de paraphyses, il subsistait un petit espace. Cet espace s'agrandit à l'époque de la maturité, par suite de la pénétration de bulles gazeuses. Les paraphyses refoulées par la compression que ce gaz exerce sur elles, ne conservent plus leur disposition régulière. Elles s'enchevêtrent surtout au voisinage de cette sorte d'entonnoir creusé dans leur masse.

La dépression cupuliforme qui s'est ainsi formée au-dessus des paraphyses, renferme généralement plusieurs bulles de gaz. Aucune ouverture ne s'est encore produite dans l'enveloppe périthéciale, ce qui semble prouver que ce gaz provient de l'intérieur de l'organe et non du dehors. Le sillon longitudinal qui se remarque sur une longueur variable du périthèce, n'est pas toujours un signe de déhiscence, il est visible quelquefois, par places du moins, avant toute déhiscence. Les paraphyses, parvenues au terme de leur évolution, s'altèrent bientôt, se tuméfient et compriment, à leur tour, la masse gazeuse placée au-dessus d'elles. La voûte du périthèce est alors perforée et l'on surprend parfois une bulle gazeuse engagée dans cette ouverture (1). Finalement les paraphyses à leur tour sont éliminées. Le périthèce, vidé de tout son contenu, n'est plus alors représenté que par son enveloppe noire qui, sur une coupe transversale, forme un anneau plus ou moins affaissé, tantôt fermé, tantôt ouvert. La coloration noire de l'enveloppe périthéciale s'atténue ensuite peu à peu.

*
* *

J'ai déjà signalé le fait anormal de la substitution, sur la face inférieure d'une aiguille, de spermogonies de nouvelle formation à un périthèce qui, s'il était formé, se serait trouvé à sa seconde année d'évolution, car à la face supérieure, on remarquait la présence de spermogonies vidées, indice qu'elles remontaient à l'année précédente. Ces aiguilles portaient donc, à la face inférieure, d'autres spermogonies, vivantes celles-là, et remplies de spermaties, mais ayant une forme un peu différente de la forme ordinaire. Certaines coupes transversales ne montraient aucune cloison dans la cavité

(1) Ce gaz proviendrait-il de la décomposition des paraphyses ?

spermogoniale, tandis que sur d'autres, la cavité était divisée en deux loges, par une cloison plus ou moins complète. De plus, la paroi de l'organe servant de substratum aux spermatiophores, au lieu de former une surface à peu près plane, ainsi que cela a lieu normalement, quand les spermogonies se forment à la face supérieure, présentait dans chaque loge une surface courbe à concavité tournée vers elle. Cette anomalie que j'ai fait connaître dans mon Mémoire, comme l'ayant rencontrée à trois reprises, l'a été encore autant de fois cette année, ce qui prouve qu'elle n'est pas extrêmement rare.

Au mois de septembre dernier, elle s'est présentée de nouveau, mais avec une variante. Elle était cantonnée dans la région terminale de l'aiguille, la partie basilaire renfermant, à sa face inférieure, des périthèces, à divers états de développement. Des coupes pratiquées en série, dans la partie inférieure de cette aiguille, montraient trois phases de l'évolution périthéciale : a) les paraphyses ondulées apparaissent seules, laissant au-dessus d'elles un espace très restreint, sous la paroi apicale ; b) les asques étaient apparentes, mais ne s'élevaient pas encore au-dessus des paraphyses ; l'espace situé au-dessus d'elles et dont j'ai expliqué l'origine, renfermait une grosse bulle de gaz ; c) les thèques avaient grandi, arrivant presque au niveau de l'extrémité supérieure des paraphyses. La voûte périthéciale était largement ouverte.

Une autre aiguille, recueillie aussi en septembre, portait à la face supérieure des files de spermogonies vides, ce qui indiquait que le parasite était à sa seconde année d'évolution. Dans la partie terminale, de chaque côté des files de spermogonies, se trouvaient des ponctuations noires, saillantes, alignées, mais isolées. D'autres ponctuations semblables se remarquaient à la base de l'aiguille, de chaque côté de la nervure. Toutes ces spermogonies renfermaient des spermaties. Ainsi, cette aiguille portait des spermagonies d'un an désorganisées, et d'autres vivantes, de l'année. A la face inférieure, les périthèces étaient vides.

II

Est-ce l'abaissement de température qui, dans les étés froids et pluvieux, ralentit le développement des périthèces ou bien cet effet est-il dû à la réduction de la faculté amylogénésique des aiguilles,

conséquence d'une faible luminosité ? Toujours est-il que, durant les longues périodes de pluie qui si souvent se produisent, en été, dans les Vosges, le ciel est brumeux, les nuages descendent bas et le soleil reste invisible, parfois pendant plusieurs semaines consécutives. J'ai reconnu que, par ce faible éclairage, les aiguilles de Sapin, d'Épicéa, de Pin sylvestre ne renferment que fort peu d'amidon (1). Il se peut donc que la lenteur d'évolution du *L. nervisequum*, dans cette région, soit due à une insuffisance d'alimentation.

Je suis ainsi amené à parler d'une condition de milieu qui, de même que l'état climatérique, exerce une influence considérable sur l'évolution du parasite, à savoir l'alimentation qu'il rencontre dans l'aiguille hospitalière.

J'ai montré que, dans l'évolution de première année, l'amidon est attiré dans la partie supérieure du parenchyme palissadique, pour servir à la formation des spermogonies. Celles-ci ont des dimensions d'autant plus grandes que l'aiguille appartient à un rameau plus vigoureux. C'est ce qui explique que parfois tout organe de fructification fait défaut dans des aiguilles contaminées en même temps que d'autres pourvues de spermogonies et de périthèces. Parmi les aiguilles, plus ou moins nombreuses, qui brunissent en mai et se garnissent de spermogonies peu après, on en remarque quelques-unes qui restent brunes, sans que fructifie le parasite qu'elles recèlent. On en observe la présence de juin à octobre. Pour m'assurer si elles ont la même origine que les aiguilles fructifères, j'ai fixé, au commencement de juin dernier, des fils à côté de plusieurs d'entre elles, qui furent choisies intégralement stériles. A la fin de septembre, ces aiguilles ont été retrouvées intactes, ne portant aucune trace de spermogonies ou de périthèces. Les aiguilles brunes, stériles qu'on rencontre pendant tout l'été, éparses sur les rameaux, proviennent donc, comme les aiguilles fructifères, de la contamination automnale de l'année précédente. Elles n'en diffèrent que par l'absence de fructifications.

(1) Quand les mois de juin et juillet sont pluvieux et froids, la récolte des Pommes de terre est bien moins abondante dans les Vosges, les flèches des Sapins et des Epicéas sont plus courtes. C'est ce qui vient de se produire cette année (1913). Les essences, telles que *Picea excelsa* qui, dans les régions ensoleillées, comme les Alpes, supportent assez bien un léger ombrage, ne peuvent bien végéter qu'en plein découvert, dans les Vosges. L'Épicéa est, dans cette région, une essence de pleine lumière, au même titre que le Pin sylvestre, tandis qu'en Savoie, il est intermédiaire entre les essences d'ombre et les essences de lumière.

Pourquoi le parasite n'y fructifie-t-il pas ? En examinant attentivement à la loupe un certain nombre de ces aiguilles, qui d'abord paraissent entièrement stériles, on en rencontre quelques-unes, portant des traces de spermogonies, plus rarement de périthèces. Mais ces organes sont le plus souvent atrophiés. Après un commencement de formation, il y a arrêt de développement. Les spermogonies se trouvent alors réduites à quelques ponctuations, de chaque côté de la nervure, dans la partie basse de l'aiguille. Leur cavité renferme parfois un petit amas de spermaties, mais on n'y voit le plus souvent que quelques hyphes et des dépôts bruns. Les spermogonies peuvent être plus rudimentaires encore, reconnaissables seulement à un faible écartement des parois des cellules épidermiques, séparées les unes des autres par les petits amas d'hyphes qui les remplissent et s'intercalent entre elles. Les périthèces sont aussi fort rares et exigus, ne contenant qu'une très petite masse de mycélium. Leur développement ne va jamais jusqu'à la formation des paraphyses. Des amas bruns de tannin ne tardent pas à s'y déposer.

En observant un grand nombre de Sapins de 20 à 40 ans, formant un massif clair, j'ai constaté que ces aiguilles stériles font défaut ou sont très rares sur les rameaux vigoureux ; on en trouve à peine quelques-unes sur les branches basses. Leur nombre augmente sur les sujets à végétation moins active, tout en restant inférieur à celui des aiguilles fructifères. Enfin, sur les Sapins malvenants, leur nombre s'accroît encore. Il devient bien supérieur à celui des aiguilles fructifères, sur les sujets dépérissants, de 3 à 5 mètres de hauteur, tels que ceux qui sont situés en sols rocheux ou tourbeux. Dans ce cas, les branches basses et même celles du milieu de la cime, sont presque uniquement garnies d'aiguilles stériles ou à fructifications rudimentaires.

Outre les aiguilles brunes, stériles et adhérentes, dont il vient d'être question, on remarque principalement sur les sujets à végétation peu active, l'apparition d'aiguilles présentant les diverses phases de coloration qui les font passer graduellement de la teinte verte normale à la teinte brune. L'aiguille devient d'abord vert pâle, puis jaune-roux à l'extrémité. Ce jaunissement se propage vers le bas, en même temps que l'extrémité brunit. Finalement, l'organe devient entièrement brun foncé. Ces aiguilles se détachent au moindre

effort. Elles tombent souvent, avant que le brunissement soit généralisé, pour peu que la branche soit secouée, ainsi que font les aiguilles d'Épicéa atteintes par le *L. macrosporum*, quand elles ne fructifient pas sur le rameau. Tant que ces aiguilles sont jaunâtres, on n'y remarque pas la présence de mycélium ou du moins, et encore assez rarement, n'en voit-on que quelques filaments dans la région des stomates. Mais, dès que le brunissement se produit, le mycélium se développe avec rapidité dans le parenchyme. La chute se produit, comme dans les feuilles normalement caduques, par suite d'un développement cellulaire, à la surface du disque d'insertion de l'aiguille sur le rameau. Dans cette région, le tissu est jeune, turgescent et parfois encore verdâtre, tandis que dans les aiguilles adhérentes, il est brun, par suite du tannin oxydé qui l'imprègne. Sur le pourtour du disque de celles-ci, se trouve un liseré noir, annulaire, le reliant au rameau et se prolongeant sur la base de l'aiguille, ce qui augmente l'adhérence.

L'infection de ces aiguilles caduques remonte, comme celle des aiguilles adhérentes (fructifères ou non), à l'automne précédent, puisque, depuis lors, il ne s'est produit aucune dissémination de spores. Celles-ci, après avoir pénétré par les stomates, sont donc restées inactives ou bien n'ont formé, avant l'hiver, que quelques rares filaments germinatifs, et c'est seulement à partir du printemps, rarement en hiver, que l'évolution du parasite s'est un peu activée, tout en restant assez lente. C'est pour cela qu'il ne s'est pas formé d'anneau noir à la base de l'aiguille, comme il s'en forme, quand l'envahissement du parasite s'effectue rapidement, ainsi que cela a lieu au printemps dans les aiguilles plus vigoureuses qui brunissent en quelques jours, soit qu'elles fructifient, soit qu'elles restent stériles (1).

* * *

On peut donc rencontrer en été, sur une branche de Sapin, des aiguilles contaminées par *L. nervisequum* et présentant quatre aspects différents :

1° Des aiguilles adhérentes, brunes, commençant à pâlir à la face supérieure, portant sur cette face, des spermogonies bien dévelop-

(1) Je rappelle que j'ai signalé pareil fait pour les aiguilles d'Épicéa portant les fructifications du *L. macrosporum*.

pées, remplies de spermaties (1) et à la face inférieure des périthèces à leur début, peu saillants, ne renfermant pas encore de paraphyses et se présentant sous forme de traits discontinus, noirs ou peu colorés. Le parasite est, dans ces aiguilles, dans sa première année d'évolution ;

2° Des aiguilles adhérentes, comme les précédentes, d'un brun aussi foncé à la face supérieure qu'à l'inférieure, entièrement stériles ou ne portant que des traces de spermogonies et de périthèces, parfois à peine visibles, presque toujours rudimentaires ou atrophiés. Ces aiguilles semblent être les premières qui brunissent après l'infection, à l'automne ou en hiver, quand il fait doux, ou encore au début du printemps, et dans lesquelles le parasite, faute d'une alimentation suffisante, ne peut fructifier. Si l'hiver est froid, il ne se produit que peu d'aiguilles brunes, stériles. Leur présence, assez abondante en été, est donc l'indice que l'hiver précédent a été relativement doux. Dans ces hivers, les aiguilles, à fructifications atrophiées, sont aussi plus nombreuses, pour le même motif : insuffisance de nourriture, par suite de la réduction au printemps de leur faculté amylogénésique, le brunissement y ayant été trop précoce. C'est ainsi qu'en 1912, les fructifications incomplètes ou rudimentaires ont été plus nombreuses que d'habitude (2) ;

3° Des aiguilles caduques, en voie de décoloration plus ou moins avancée, verdâtres, jaunâtres ou brunes, tantôt à l'extrémité seulement, tantôt sur toute leur longueur.

Ces aiguilles ont été aussi contaminées, à l'automne précédent, mais elles se décolorent et brunissent le plus souvent au printemps, ou en été, seules saisons pendant lesquelles peut se produire leur chute, puisqu'elle est le résultat d'un développement cellulaire qui ne peut se manifester qu'au cours de la période végétative ;

4° Enfin des aiguilles couleur paille, ridées à leur face supérieure, parce que le parenchyme sous-jacent, en grande partie détruit, s'est affaissé sous l'épiderme et l'hypoderme préservés. Le parasite de ces aiguilles, dont la contamination remonte à l'avant-dernier automne, est dans son évolution de seconde année. A l'œil nu ou

(1) L'étroitesse de la zone des spermogonies et l'écartement de celles-ci sont souvent des signes d'atrophie de ces organes, mais pas toujours.

(2) Le brunissement est toujours précédé d'une dégradation graduelle de la chlorophylle, qui se produit, parfois, dès le mois de septembre.

même à la loupe, ses spermogonies paraissent à peu près intactes; elles sont cependant vides depuis l'automne précédent (1). Les périthèces que portent ces aiguilles se présentent sous forme de files continues ou fragmentées, d'un noir brillant, bien saillantes. Les derniers aliments que le parasite rencontre dans les tissus de l'aiguille à peu près épuisée, sont consacrés au développement de ces fructifications qui ne parviennent toutefois à la maturité qu'au mois d'août et parfois de septembre. Examinés à cette époque, les périthèces peuvent se trouver, suivant les aiguilles, à des stades plus ou moins avancés de leur développement; il peut en être de même, dans une aiguille, suivant les points examinés. C'est ainsi qu'on rencontre parfois, à différents niveaux, des périthèces à thèques sporifères et d'autres n'ayant pas encore formé leurs asques. On remarque parfois, dans quelques périthèces d'une aiguille, la présence d'un sillon longitudinal, indice d'une déhiscence accomplie ou prochaine, alors qu'il fait défaut sur les périthèces d'un point voisin. Il n'y a donc pas simultanéité absolue d'évolution périthéciale aux divers niveaux d'une aiguille. La fructification peut même être normale à l'extrémité et atrophiée à la base.

R. Hartig avait bien constaté, sans toutefois avoir décrit leur évolution, la présence des aiguilles caduques, peu après le brunissement, mais celle d'aiguilles stériles, adhérentes, lui avait échappé, si toutefois cette forme se rencontre dans les montagnes allemandes étudiées par ce savant.

Dans le cas où elle ne s'y trouverait pas, les aiguilles contaminées ne présenteraient en été que deux aspects : a) les aiguilles caduques que je viens de décrire; b) les aiguilles dont le brunissement remonte au printemps et qui, outre les spermogonies, portent des périthèces à développement plus avancé que dans les Vosges. Il ne semble pas qu'on y rencontre les deux phases d'évolution de première et de seconde année que j'ai décrites, puisque la maturité des périthèces se produit au printemps.

Toutes les causes d'affaiblissement des aiguilles de Sapin aug-

(1) Si la matité de la teinte noire des files de périthèces, leur aplatissement et surtout la présence du sillon longitudinal sont autant de signes du terme de leur évolution, un léger changement de coloration qui, de noire, passe au brun, est le seul indice de la nécrose des spermogonies. Encore ce caractère n'est-il guère appréciable que la troisième année. Leur forme extérieure reste à peu près la même et seul, l'examen du contenu permet de s'assurer si l'organe est vide.

mentent leur réceptivité pour le *L. nervisequum*. Il en est de même pour les aiguilles d'Épicéa à l'égard du *L. macrosporum*. Aussi est-ce dans les sols tourbeux que l'attaque de ces parasites s'exerce avec le plus d'intensité et qu'on rencontre des arbres de différents âges présentant l'aspect le plus misérable. La tourbe constitue un sol fort pauvre, quand elle n'est pas amendée par les assainissements, écobuages ou certains engrais alcalins. Les arbres qui les peuplent n'ont qu'une végétation très ralentie, lorsqu'ils ne sont pas tout à fait malvenants. Cet état favorise leur attaque par le parasite qui leur est propre. C'est un motif pour lequel les branches basses, moins vigoureuses que les branches supérieures, sont envahies de préférence. Il y en a encore d'autres. Ces branches étant les plus rapprochées du sol, sur lequel fructifient les aiguilles tombées dans le courant de l'été, sont plus exposées à recevoir les spores sur leur face inférieure, par les stomates de laquelle s'introduit le parasite. Son évolution se trouve encore favorisée par l'humidité de la tourbe qui se communique à l'air ambiant (1).

Dans ces sols, non seulement les branches basses arrivent à perdre peu à peu toutes leurs feuilles, mais encore celles du milieu de la cime sont souvent atteintes et il ne reste plus de vivantes sur l'arbre que celles des branches supérieures.

J'ai pu suivre, pendant plusieurs années, la marche de cette affection sur des Sapins de 4 à 6 mètres de haut (âgés de 20 à 30 ans), végétant dans une tourbière, insuffisamment assainie et voici l'aspect qu'ils présentent. Les branches sont sèches et effeuillées, jusqu'à une hauteur de 2 à 3 mètres. Au-dessus de ce niveau, elles dépérissent, les rameaux primaires sont encore garnis de leurs aiguilles, mais les plus âgées d'entre elles n'ont guère que 3 ou 4 ans, au lieu de 8 et 9 ans, auquel normalement elles auraient pu parvenir. Les plus vieilles ont disparu. Les rameaux secondaires de 3 ou 4 ans se distinguent par leur extrémité dénudée, tandis que la base et la région médiane ont encore leurs aiguilles ou du moins une partie d'entre elles, car sur la plupart des pousses, on remarque des

(1) Un autre parasite : *Trichosphæria parasitica*, se développe aussi, à la faveur de l'humidité, sur les branches basses des fourrés de Sapin. Aussi serait-il bon d'élaguer ces branches dans les massifs trop denses, en prenant toutes les précautions recommandées pour ne pas blesser le tronc et, en même temps, pratiquer des éclaircies plus ou moins vigoureuses, suivant les cas.

lacunes. Ces aiguilles sont plus ou moins décolorées, en commençant par la pointe, leur teinte passe du vert normal au vert clair, puis au jaune, au brun-roux et finalement au brun foncé (1). Il s'en trouve quelques-unes, de ces dernières, munies de fructifications bien apparentes, d'autres sur lesquelles ces fructifications ne sont guère visibles qu'à la loupe ou même au microscope, d'autres enfin où le parasite est complètement stérile. Parmi celles-ci, il en est qui se détachent à la moindre traction, tandis que d'autres restent plus longtemps adhérentes. Quand les premières sont tombées, il subsiste çà et là sur le rameau, un certain temps encore, des aiguilles brunes qui, en général, sont plus ou moins fructifères.

Sur les branches latérales, ce sont les pousses les plus jeunes qui perdent, en premier lieu, leurs aiguilles, tandis que celles qui avoisinent le rameau principal, conservent, quoique plus âgées, encore assez longtemps les leurs. Ce rameau peut avoir encore des feuilles sur ses pousses de 5 à 6 ans, tandis que ses branches latérales ont déjà perdu les leurs, sur les pousses de 3 ou 4 ans. Cela tient à ce que les pousses des rameaux principaux sont plus vigoureuses, à âge égal, que celles des rameaux secondaires, et celles qui sont les plus rapprochées des branches principales ont plus d'activité que celles qui en sont éloignées et par suite résistent mieux à l'infection.

Pour s'expliquer cette irrégularité de chute des aiguilles, il faut donc tenir compte de deux facteurs : leur âge et leur situation plus ou moins voisine du rameau principal. Il arrive parfois que sur un rameau secondaire, les pousses les plus jeunes, de même que les pousses les plus âgées, soient dégarnies : les premières parce que, étant éloignées du rameau principal, elles n'ont qu'une faible vitalité, les secondes parce que leurs aiguilles, bien que voisines de ce rameau, sont âgées et par suite affaiblies (2). Seules, les pousses d'âges intermédiaires, plus jeunes, et pas trop éloignées du ra-

(1) Cette teinte jaunâtre de l'extrémité des aiguilles se remarque également sur l'Épicéa et le Pin sylvestre. Elle indique toujours un état maladif qui, lorsqu'il s'aggrave, est souvent le signe d'une prochaine attaque de *Lophodermium*.

(2) Les branches basses de Sapin à végétation très ralentie, sont atteintes intégralement par le *Lophodermium* et se dépouillent rapidement. Ayant remarqué, au commencement de juillet, des branches semblables dont les aiguilles étaient encore vertes, j'ai constaté, deux mois après, qu'elles avaient bruni. En septembre, la plupart étaient tombées.

meau principal, partant plus vigoureuses, restent feuillées (1).

La présence de ces branchettes dénudées à l'extrémité des rameaux secondaires, alors que ceux-ci sont garnis de feuilles, dans le reste de leur étendue, donne un aspect caractéristique aux sujets malvenants attaqués par le *Lophodermium*. Ce fait ne se remarque pas dans l'Épicéa atteint par le *L. macrosporum*. Les pousses terminales y ont toujours un peu plus d'activité et quand elles sont de l'année (car, dans ces arbres malingres, la pousse terminale remonte souvent à plusieurs années), leurs aiguilles restent plus vertes que celles qui sont plus âgées et disparaissent après elles.

Au-dessus de cette zone de couronnes partiellement dépouillées, s'en trouve une autre, formée aussi de plusieurs couronnes dont les pousses ont encore leurs feuilles, mais qui commencent déjà à se

(1) Cette dénudation des pousses les plus jeunes, alors que celles plus âgées conservent encore leurs aiguilles, est contraire à ce qui se passe d'habitude. La supériorité de vitalité de ces dernières tient à ce que, à l'époque de leur développement, l'arbre n'était pas encore très affaibli, comme il l'est devenu ensuite par les conditions défectueuses de végétation où il se trouvait. Les pousses les plus jeunes se sont au contraire formées quand le sujet était déjà dans un mauvais état ; aussi leurs aiguilles sont-elles moins nombreuses, plus courtes, plus rapprochées et dans une situation précaire, favorable à l'attaque du parasite.

Si, dans les massifs d'Épicéas fortement et depuis longtemps contaminés, les pousses de l'année sont indemnes, alors que les pousses plus anciennes sont atteintes et perdent une partie de leurs aiguilles, il n'en est plus de même quand les pousses terminales remontent à deux ou trois ans ou plus. Elles ne sont plus alors réfractaires. J'ai vu, dans des pépinières où l'épidémie n'avait fait son apparition qu'assez récemment, des plants d'Épicéas ayant leurs aiguilles terminales âgées de 2 ou 3 ans, être contaminées par le *Lophodermium*, alors que celles qui les avaient précédées sur le rameau, l'étaient beaucoup moins et se trouvaient mieux préservées. Cela tient à ce que celles-ci ayant été formées avant que le plant ne fût malade, avaient conservé assez de vitalité pour offrir une certaine résistance à l'infection, tandis que les plus jeunes, qui avaient pris naissance quand le sujet était déjà affaibli, se trouvaient, à son égard, en meilleur état de réceptivité. Les aiguilles garnissant ces pousses étaient fort petites, très rapprochées les unes des autres et uniformément groupées autour du rameau, tous indices d'un état très précaire.

J'ai reçu l'an dernier d'une propriété du département des Landes divers échantillons de rameaux d'*Abies pinsapo* à divers états d'infection. Les uns avaient leurs aiguilles commençant à brunir, mais ne renfermant encore aucun mycélium, tandis que sur d'autres, la coloration brune était plus généralisée et plus accentuée et les aiguilles renfermaient de nombreux filaments mycéliens. Plusieurs d'entre elles étaient tombées et les pousses terminales étaient presque entièrement dénudées. L'aspect de ces rameaux avait beaucoup d'analogie avec celui précédemment décrit, des rameaux de Sapin atteint par *L. nervisequum*. Aucune aiguille ne portait de fructification ; j'ai essayé sans succès d'en obtenir sous cloche humide. J'ai demandé qu'on m'envoyât des échantillons plus avancés ou du moins des aiguilles tombées spontanément. Je n'ai reçu aucune réponse. Il paraît que ce parasite avait fait de nombreuses victimes, sur les arbres du parc du marquis de Galard.

décolorer. Les aiguilles, de teinte normale, sont ainsi reléguées dans la partie supérieure de la cime.

*
* *

Par tous les faits précédemment signalés, on voit à quel degré l'attaque et l'évolution du parasite qui fait l'objet de ce travail, sont subordonnées aux conditions de milieu.

En ce qui concerne l'attaque, ce sont seulement les aiguilles à végétation affaiblie qui en deviennent victimes. La réceptivité exerce, dans ce cas, une telle influence, que des sujets vigoureux, se trouvant entourés d'arbres fortement contaminés, résistent parfaitement à l'infection et continuent à croître, comme dans un peuplement sain. Bien plus, j'ai vu des Sapins infectés, dont la végétation sur tourbe était très défectueuse, parce que, aux causes précédemment signalées, s'ajoutait une situation ombragée, et qui avaient perdu peu à peu leurs aiguilles attaquées, reprendre vigueur, au bout de quelques années, à la suite d'assainissements et d'un dégagement qui les avait placés en pleine lumière. Grâce à cette reprise d'activité végétative, les nouvelles aiguilles étaient devenues réfractaires à l'infection.

L'évolution du parasite n'est pas moins influencée que l'attaque par les conditions du milieu interne ou externe. Parmi les premières, il convient de citer la sécheresse du sol et de l'air, l'abaissement ou l'élévation de température. On a vu qu'en 1911, la maturation des périthèces a été retardée, jusqu'au mois d'octobre, à cause de l'absence de pluie, pendant plus de deux mois ; qu'en 1912, la dissémination des spores s'est effectuée en juillet et en août, par suite d'une température assez élevée, dans le premier de ces deux mois ainsi qu'en juin ; qu'en 1913 elle ne s'est produite qu'un mois plus tard, les mois de juin et de juillet ayant été pluvieux et froids. Je rappelle que l'attaque du parasite qui a lieu au printemps en Allemagne, ne s'effectue normalement, dans les Vosges, qu'à la fin de l'été et en automne, en raison de la basse température d'avril et de mai, dans cette région. Bien que l'attaque ait lieu en automne, les effets ne s'en font généralement sentir qu'à la fin de l'hiver ou même au printemps, conséquence de la rigueur des hivers vosgiens. Le développement du parasite subit ainsi un arrêt de plusieurs mois. Le

brunissement des aiguilles a lieu plus tôt, dans le courant de l'hiver, quand exceptionnellement cette saison est douce ; c'est ce qui a eu lieu en 1912 et en 1913.

Les variations du milieu interne sont aussi des éléments perturbateurs de l'évolution du parasite. Il n'arrive à fructifier complètement que lorsqu'il trouve dans l'aiguille hospitalière une alimentation suffisante; aussi faut-il, à cet effet, une aiguille qui soit encore assez active, pour lui procurer la nourriture dont il a besoin et cependant qui n'ait pas trop de vitalité, car, dans ce cas, elle résiste à l'attaque. Cette condition se rencontre dans les branches basses des Sapins assez vigoureux. Sur ceux qui sont malvenants, les fructifications ne se produisent pas ou se produisent incomplètement.

De ces diverses observations, il résulte que le *L. nervisequum* n'est pas, pour le Sapin, un ennemi bien redoutable, puisqu'il ne s'attaque qu'aux rameaux dont la végétation est déjà affaiblie. Il ajoute seulement ses effets à ceux que produit sur l'arbre nourricier un milieu défectueux. A ce titre, il accentue son dépérissement et il peut arriver que, dans tel sol, le Sapin finisse par dépérir, alors qu'avant l'attaque, sa croissance était seulement ralentie. Cependant, dans les pépinières dont les plants sont trop serrés et dont le sol n'est pas suffisamment riche, la maladie produit souvent de grands dommages. Il en est de même dans les semis naturels végétant en terrains pauvres.

* * *

Comme conclusion pratique, on ne peut appliquer que des traitements préventifs consistant à placer les sujets malades dans de meilleures conditions hygiéniques, variables suivant les cas : en les desserrant, pour qu'ils puissent mieux s'alimenter, en les dégageant de voisins qui les ombragent, pour les placer à une plus vive lumière, en faisant disparaître les branches basses d'un massif, pour diminuer les risques de contagion, enfin et surtout en assainissant les sols tourbeux, ceux où cette maladie sévit de préférence.

L'emploi des préparations cupriques est aussi à recommander pour les pépinières, seul cas dans lequel il est pratique. Il ne peut être considéré comme curatif, puisqu'il ne saurait guérir les organes atteints, quelles que soient les maladies parasitaires contre lesquelles on fait usage de ces solutions. On n'arrive ainsi, quand on s'en sert

dans de bonnes conditions et un peu avant l'époque des infections, qu'à préserver les feuilles en voie de développement. Leur effet est donc forcément limité et atténué dans les régions pluvieuses, comme celle des Vosges. L'application des mesures culturales propres à accroître la vigueur des sujets atteints est de beaucoup préférable, puisqu'elle aboutit non seulement à enrayer la maladie, mais encore à faire disparaître les causes qui la provoquent.

EFFETS DE LA COMPRESSION
SUR LA STRUCTURE DES RACINES

par M. Marin MOLLIARD

Professeur de Physiologie végétale à la Sorbonne.

Les plantes vasculaires végétant dans des sols schisteux se trouvent souvent engager leurs racines entre deux feuillets de la roche sous-jacente, et ces organes, par le jeu même de leur accroissement en épaisseur, subissent une compression qui peut devenir considérable. Dans de telles conditions, la forme extérieure de la racine est fortement modifiée, celle-ci étant obligée de se modeler sur les parois de la fissure où elle a pénétré ; c'est ainsi que j'ai pu observer des racines tout à fait aplaties chez les espèces suivantes : *Plantago maritima, Hedera Helix*, *Carlina corymbosa* et *Œnanthe crocata*. Les échantillons récoltés m'ont permis d'en étudier les caractères anatomiques, qui subissent de profondes modifications par rapport à la structure normale ; les racines de *Carlina corymbosa* et d'*Œnanthe crocata* suffiront à nous donner une idée de la manière dont ces organes se comportent vis-à-vis d'une compression progressive résultant de leur croissance à l'intérieur d'une cavité indéformable.

Carlina corymbosa.

C'est à Sainte-Maxime (Var) que j'ai pu observer, en grande quantité, des racines de cette espèce qui s'étaient engagées dans des fissures de la roche schisteuse formant le sous-sol ; des travaux relatifs à l'établissement d'une route avaient dégagé les longues racines de la plante et en rendaient la récolte facile. Elles apparais-

saient comme fortement aplaties ; leur section présentait, en moyenne, une largeur de $0^{cm},8$ et une épaisseur de $0^{cm},2$; mais toutes les irrégularités de la surface de la roche étaient imprimées

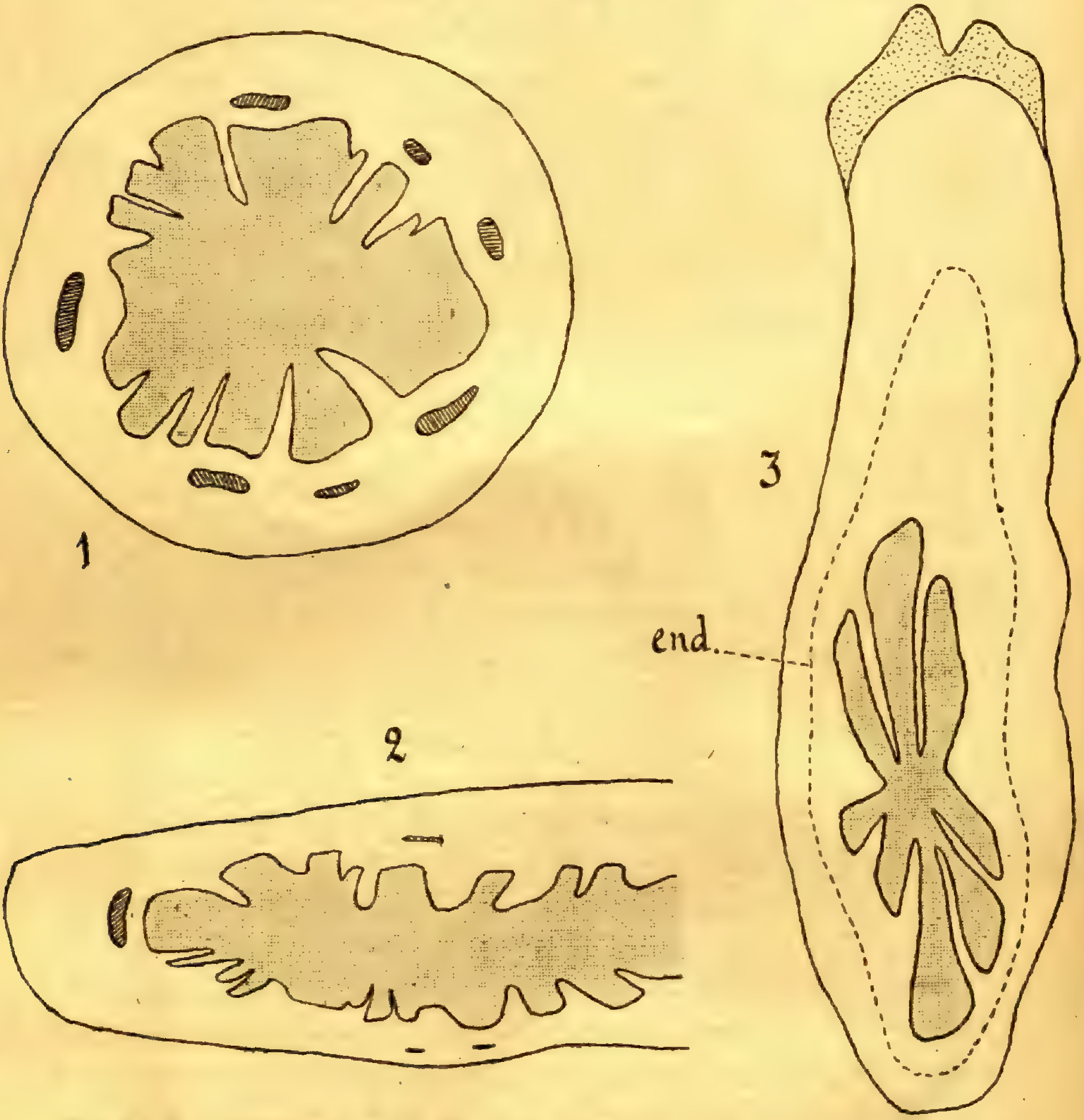


Fig. 1 à 3. — Racines normale (fig. 1) et aplatie (fig. 2-3) de *Carlina corymbosa ;* les régions en pointillé représentent le bois ; les régions hachées, les fibres libériennes et péricycliques ; *end.* endoderme. (G = 14).

sur l'organe dont la forme et l'épaisseur subissaient par suite des variations continuelles ; en certains points où la fente se rétrécissait particulièrement, la racine apparaissait comme absolument laminée.

En section transversale (fig. 1) une racine normale de *Carlina corymbosa* présente un massif ligneux irrégulier, fortement lobé ;

des îlots de fibres sclérifiées apparaissent dans le liber et le péricycle ; dans une racine aplatie (fig. 2), on constate que le bois s'est développé beaucoup plus parallèlement au plan de pression que suivant l'épaisseur de la fente ; les différents tissus parenchymateux extérieurs à la région du bois sont, également, beaucoup plus épais suivant le grand axe de la section ; les fibres libériennes et péricycliques diminuent ou disparaissent complètement suivant le petit diamètre, pour garder un développement normal aux deux extrémités non comprimées de la racine.

Dans certains cas, le développement du bois est encore plus faible, par rapport à celui des tissus parenchymateux, que pour la racine qui vient d'être représentée, et on observe une structure doublement dyssymétrique, telle que celle de la figure 3 ; le trait discontinu *end.* représente l'endoderme et met en évidence la multiplication unilatérale du péricycle et de l'écorce.

Si on passe à l'étude histologique des diverses régions, on constate aussi des différences très appréciables. Le bois présente un nombre de vaisseaux sensiblement plus grand dans les racines aplaties, pour un même volume de tissus ligneux (comparer les fig. 3 et 4 de la pl. 18) ; les vaisseaux et les éléments scléreux du bois subissent un léger écrasement, mais non le parenchyme ligneux ; les cellules constituant les rayons médullaires restent allongées radialement, même lorsque leur grand axe est perpendiculaire au plan de pression. Pour les tissus extérieurs au bois, comparons successivement les régions homologues de la racine normale et d'une racine aplatie, cette dernière considérée successivement suivant le petit axe et le grand axe de la section transversale.

Dans la racine normale on observe une région libérienne présentant des fibres dont le diamètre transversal est, en moyenne, de 25 μ, le péricycle comprend environ 6 assises ; l'endoderme possède un cadre subérisé bien apparent ; l'écorce comprend 4-5 assises de cellules parenchymateuses à membrane restant cellulosique et une région subérisée où on compte 7-8 assises ; l'épaisseur de l'ensemble des régions anatomiques que nous venons d'envisager est à peu près de 800 μ ; elle n'est plus que de 200 μ suivant le petit axe de la racine aplatie ; le liber y apparaît complètement écrasé ; ses fibres, quand elles existent, n'ont plus qu'un diamètre transversal de 10 μ ; le péricycle arrive à ne plus être constitué que par une

couche de cellules ; l'écorce comprend 4 assises à membrane cellulosique et une région subérisée formée du même nombre d'assises que dans la racine normale. Tous les éléments subissent une réduction appréciable de taille ; nous l'avons constaté pour les fibres libériennes ; les cellules corticales correspondantes passent des dimensions 60 : 30 μ à 40 : 15 μ.

Dans la direction du grand axe, on observe un phénomène inverse : l'épaisseur des tissus compris entre les fibres libériennes les plus externes et la surface extérieure de l'écorce devient, par exemple, égale à 1^{mm},3, et ce fait est acquis à la fois par une augmentation du nombre des assises (10-20 assises ou plus pour le péricycle, 8 assises pour l'écorce cellulosique) et par un volume plus considérable de chacun des éléments (les dimensions des cellules corticales peuvent atteindre 75 : 50 μ) ; ces indications sont relatives à l'une des racines étudiées ; il va sans dire que les différences signalées sont plus ou moins accentuées suivant que l'aplatissement est lui-même plus ou moins prononcé ; mais les modifications sont toujours dans le sens qui vient d'être indiqué.

La compression apparaît donc comme ayant une action sur la taille des éléments cellulaires qui subit de ce fait une réduction notable ; elle intervient en outre pour déterminer l'arrêt des divisions cellulaires ; on pourrait concevoir à priori que cette division serait capable de se poursuivre au moins pendant quelque temps, sans qu'il y ait augmentation de volume total de l'organe, la taille des éléments diminuant de moitié à chaque division successive ; l'expérience faite par la nature dont nous examinons les résultats montre qu'il n'en est rien et que la compression empêche la multiplication des cellules ; cette constatation n'est pas sans intérêt quant aux conditions qui règlent normalement la division cellulaire.

Les éléments qui restent vivants ne subissent pas de déformation sensible du fait de la compression ; il n'en est pas de même de ceux qui sont réduits à leur membrane (vaisseaux du bois, liège), et la chose se conçoit aisément.

Œnanthe crocata.

Les modifications produites par la compression sur la structure anatomique sont peut-être encore plus frappantes pour les racines d'*Œnanthe crocata* que j'ai observées à St-Cast (Côtes-du-Nord) et qui s'étaient introduites dans des fentes de la roche constituant la

falaise. Il s'agit ici d'un organe qui se renfle normalement en tubercule et dont la structure, étudiée successivement par Behuneck (1) et G. de Lamarlière (2), est assez spéciale ; elle consiste essentiellement

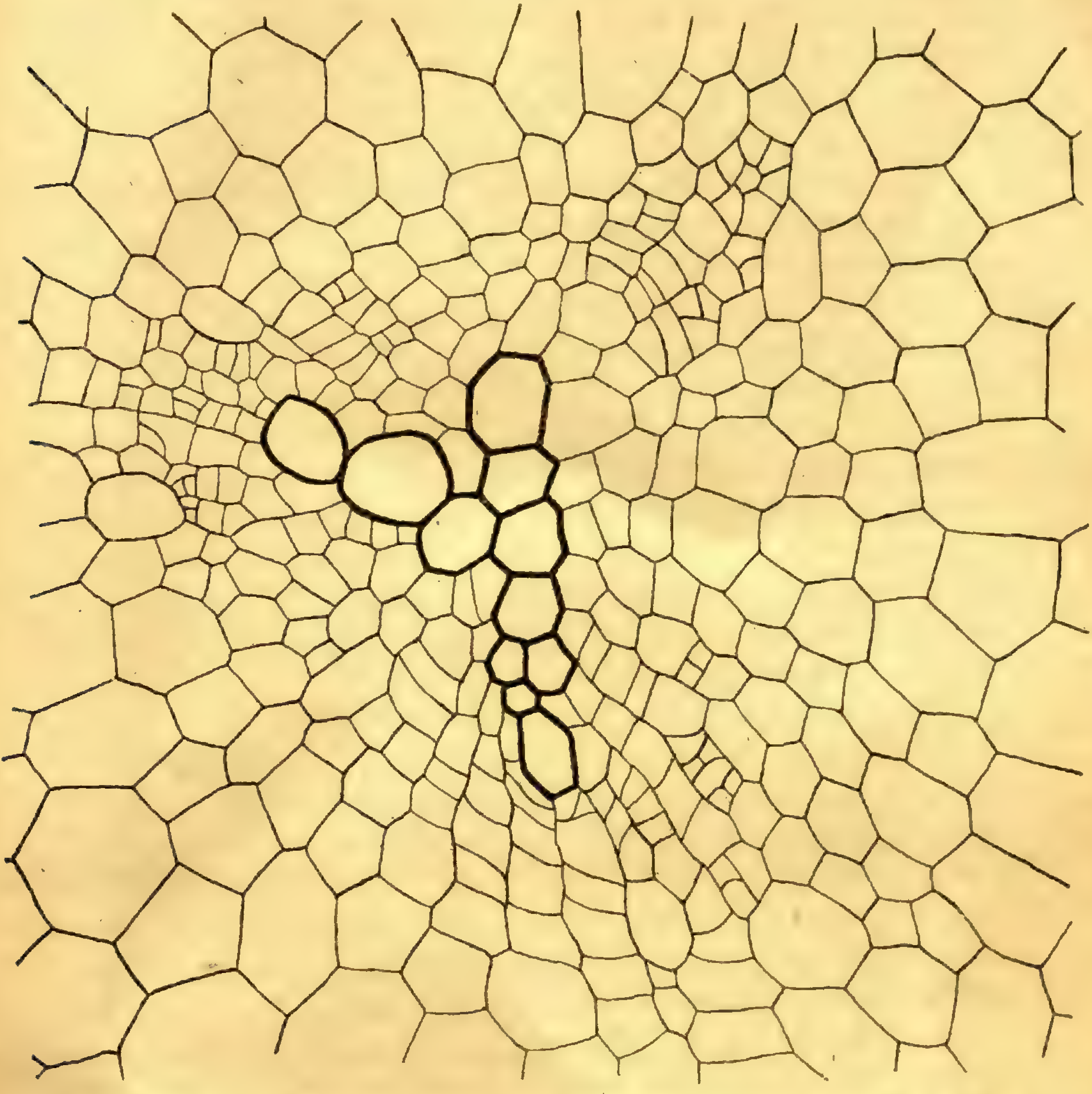


Fig. 4. — Faisceau centrique d'une racine normale d'*Œnanthe crocata* (G = 475).

ment en ce que les faisceaux de bois primaire s'entourent assez rapidement d'une zône génératrice circulaire qui aboutit à la formation de bois et de liber secondaires ; on a ainsi l'aspect représenté

(1) H. Behuneck. Zur Anatomie von *Œnanthe crocata. Inaug. Dissert.* Kiel, 1879.

(2) L. Géneau de Lamarlière. Recherches morphologiques sur la feuille des Ombellifères. (*Rev. gén. Bot.*, 1893, **5**).

par la photographie 1 de la planche 18, où on compte 5 groupes vasculaires ainsi formés dans un parenchyme général riche en amidon ; lorsque la racine est plus âgée, il se constitue de nouveaux faisceaux identiques aux précédents, mais plus internes ; « ces faisceaux internes, écrit G. de Lamarlière, ne sont que des portions de bois secondaire qui primitivement étaient destinés à faire partie des faisceaux externes, mais qui en ont été séparés par des tissus de plus en plus profonds qu'a envoyés le cambium dans le bois secondaire ». On arrive ainsi à compter environ 20 de ces faisceaux centriques dans une racine mesurant 3 cm. de diamètre (la racine représentée par la fig. 1 de la pl. 18 n'a que 5 mm. de diamètre).

Chaque faisceau secondaire a la structure représentée par la fig. 4, où on constate que les éléments vasculaires, tant ligneux que libériens, se différencient suivant un certain nombre de secteurs, 3 dans le cas présent. Dans le parenchyme qui sépare les différents faisceaux, on observe de larges canaux sécréteurs qui apparaissent nettement sur la photographie 1 (pl. 19). Vers l'extérieur, la racine présente un tissu secondaire subérisé, aboutissant en dedans à une assise à parois fortement épaissies et lignifiées, surtout du côté extérieur, avec, de place en place, des interruptions représentées par une ou 2 cellules à parois restant minces et cellulosiques (fig. 6) ; je n'ai pu suivre le développement du tissu en question, mais il est très vraisemblable que nous sommes ici en présence de l'endoderme ; plus profondément, le parenchyme présente des canaux sécréteurs *c. s.* à grande cavité.

Les racines comprimées que j'ai étudiées sont fortement aplaties, mesurant par exemple $0^{cm},85$, suivant le grand axe de leur section transversale, et seulement $0^{cm},17$ en épaisseur ; à un faible grossissement (fig. 2 de la pl. 18) on reconnaît une structure très différente de celle que nous venons de signaler pour la racine normale ; le nombre des faisceaux libéro-ligneux est très élevé : on en compte jusqu'à 30 pour la racine dont je viens de donner les dimensions, alors qu'une racine normale de 3 cm. de diamètre en présente 20 environ : de plus, dans chacun de ces faisceaux (sauf ceux qui se trouvent vers les extrémités du grand axe) on n'observe de formation de bois et de liber que parallèlement au plan de pression. La figure 5, comparable comme grossissement à la figure 4, nous rend compte de l'allure d'une de ces régions vasculaires ; les vaisseaux

du bois apparaissent comme aplatis, et les éléments parenchymateux comme sensiblement plus petits; leur diamètre est souvent réduit de

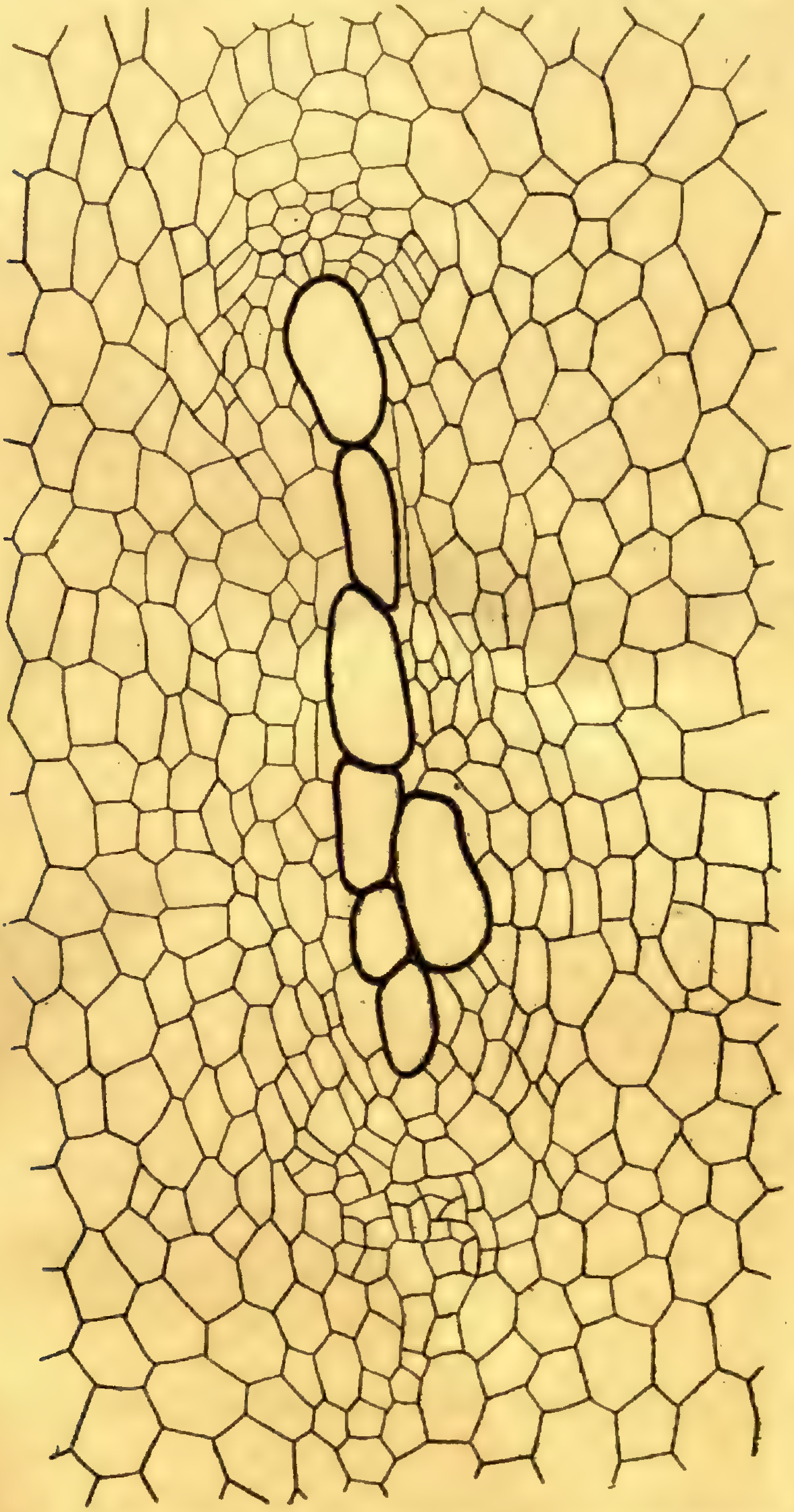


Fig. 5. — Faisceau secondaire d'une racine aplatie d'*Œnanthe crocata* (G = 475).

plus de moitié (comparer aussi à cet égard les deux photographies de la planche 19, qui représentent à un même grossissement la

région d'un faisceau centrique de la racine normale et une portion voisine de la surface d'une racine aplatie).

On n'observe pas trace entre les faisceaux de canaux sécréteurs ; s'ils se constituent, le faible développement de leur cavité ne permet

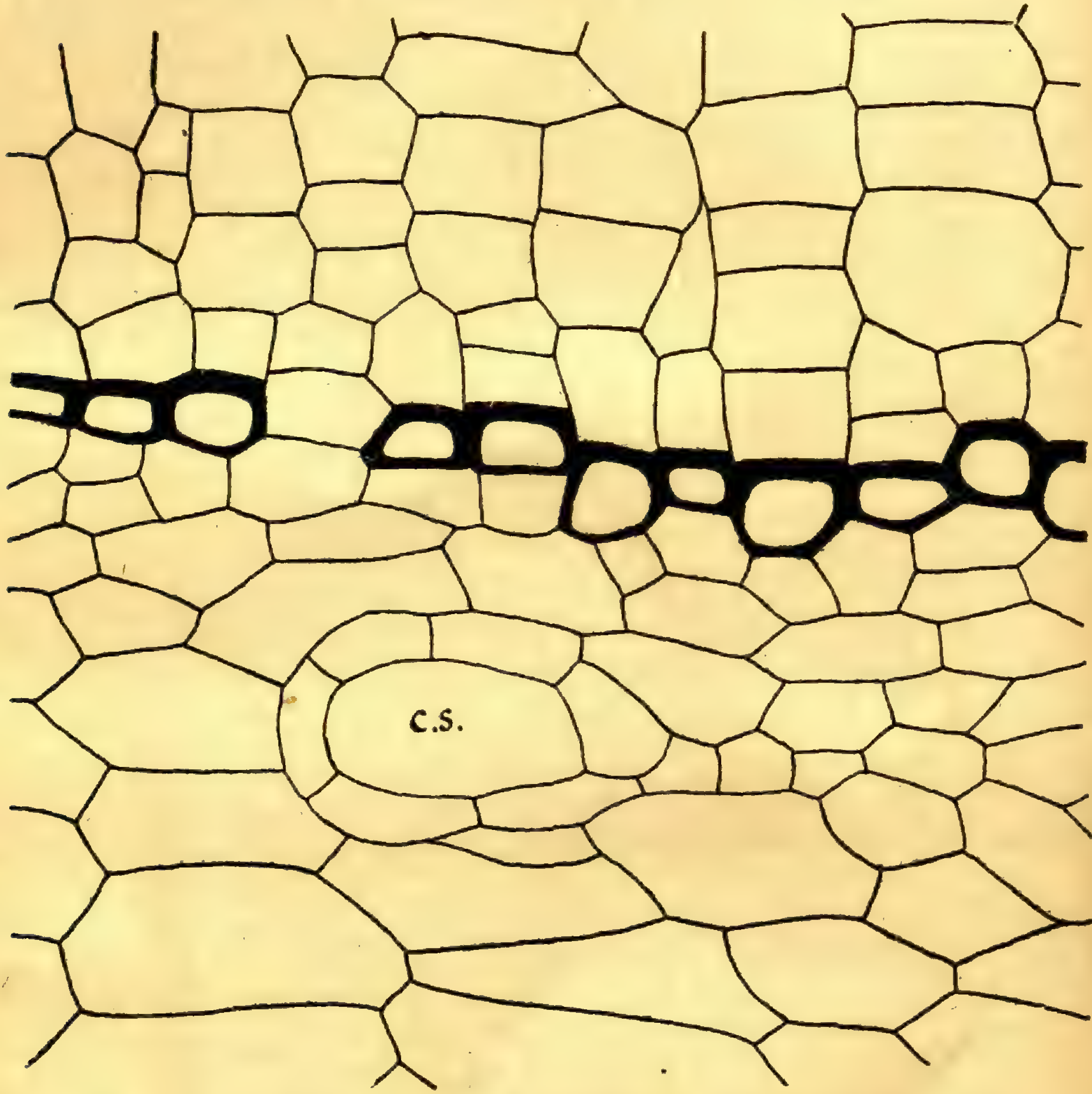


Fig. 6. — Région périphérique de la racine normale d'*Œnanthe crocata* ; *c. s.* canal sécréteur (G = 490).

pas du moins de les reconnaître ; on les voit encore apparaître au contraire dans la région péricyclique, mais avec une lumière très réduite et un cloisonnement beaucoup moins accentué (fig. 7, *c. s.*). On ne trouve pas trace, vers l'extérieur, de l'assise à laquelle nous

avons supposé une origine endodermique; on n'observe plus qu'une série d'assises à membrane cellulosique fortement écrasées, et plus à l'intérieur, un tissu secondaire très légèrement subérisé. Je ne crois pas nécessaire de décrire avec plus de détails les caractères différentiels que nous voyons apparaître sous l'action de la compression, et que les figures ci-jointes mettent suffisamment en relief.

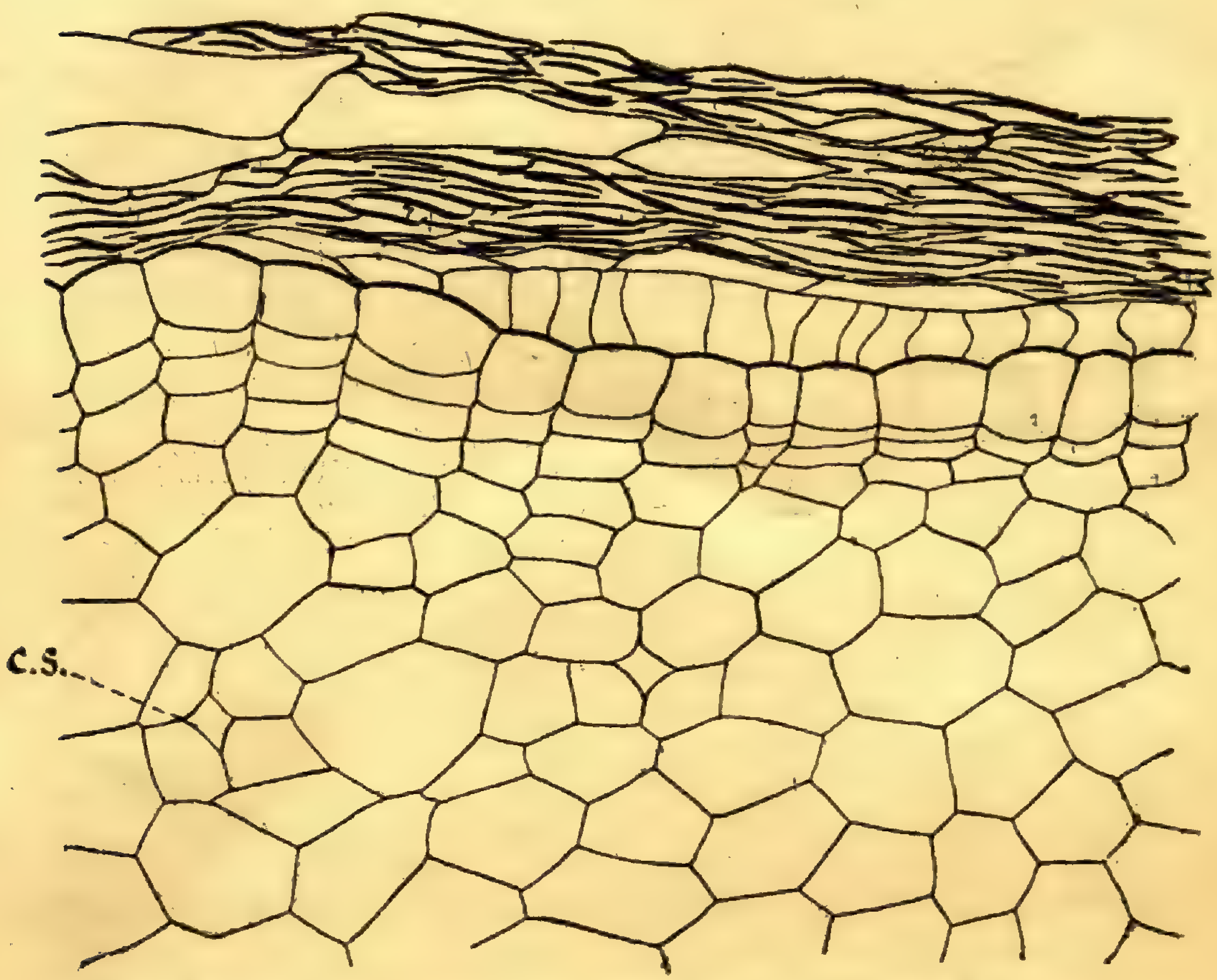


Fig. 7. — Région périphérique d'une racine aplatie d'*Œnanthe crocata* ; *c. s.* canal sécréteur (G = 490).

En définitive, nous pouvons résumer les caractères anatomiques acquis par les racines qui ont subi une compression de la manière suivante :

1° Les cellules présentent une taille sensiblement moindre.

2° Les éléments vivants ne subissent qu'une déformation assez faible, mais les cellules mortes, telles que les vaisseaux du bois, sont fortement aplaties.

3° Les cloisonnements cellulaires sont arrêtés pour une certaine valeur de la pression, sans que les cellules cessent de vivre.

4° Les éléments du bois et du liber se développent surtout parallèlement au plan de pression.

5° Les canaux sécréteurs peuvent ne plus se différencier.

6° Les éléments fibreux subissent une réduction importante ou totale.

7° Il se produit corrélativement une hyperplasie aux deux extrémités du grand axe de la racine comprimée.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE 18

Fig. 1 et 2. — Racines d'*Œnanthe crocata* normale (fig. 1) et comprimée (fig. 2) (G = 22).

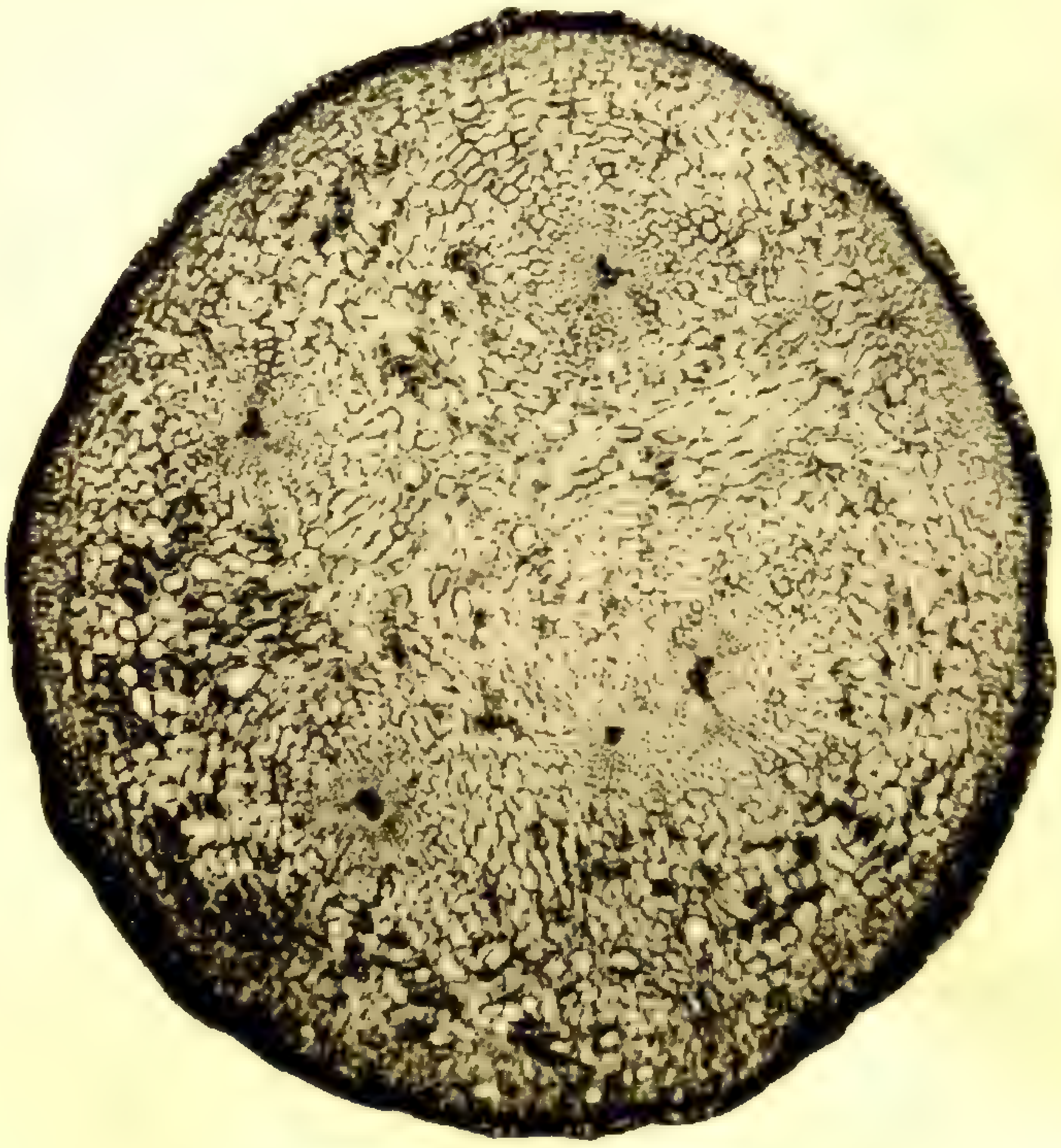
Fig. 3 et 4. — Racines de *Carlina corymbosa* normale (fig. 3) et comprimée (fig. 4) (G = 22).

PLANCHE 19

Œnanthe crocata.

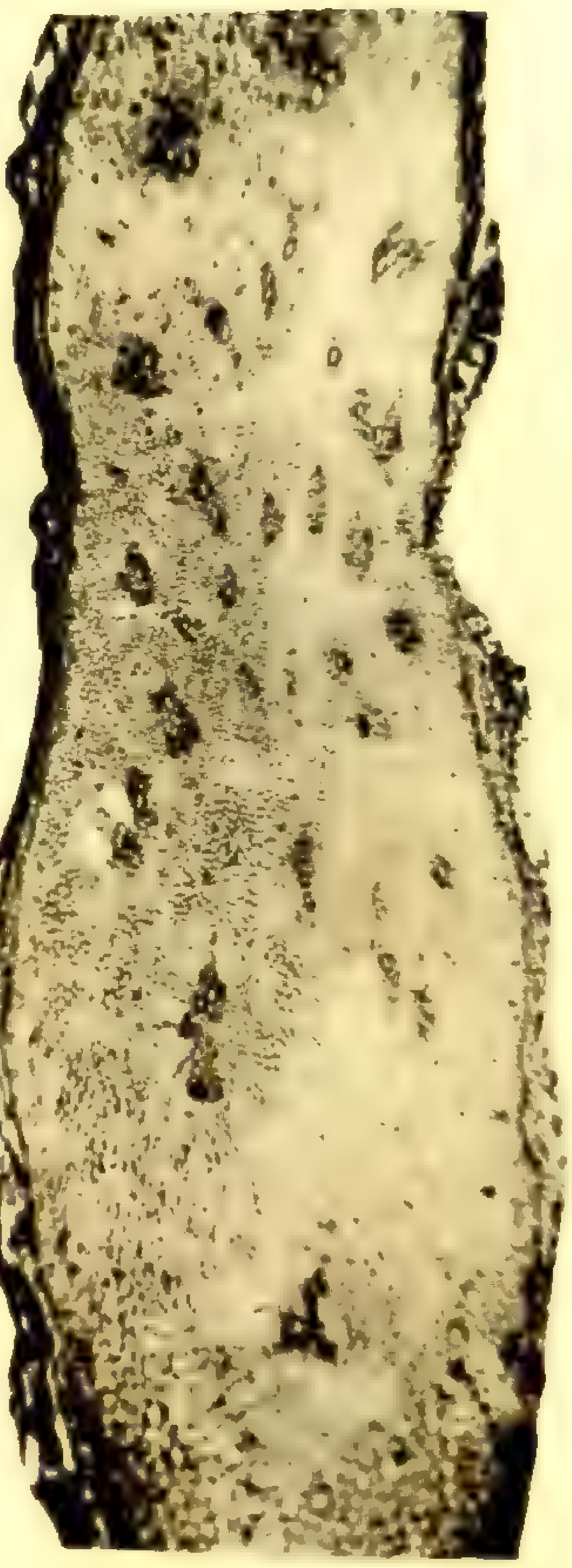
Fig. 1. — Région correspondant à un faisceau centrique d'une racine normale (G = 80)

Fig. 2. — Portion périphérique d'une racine aplatie (G = 80).

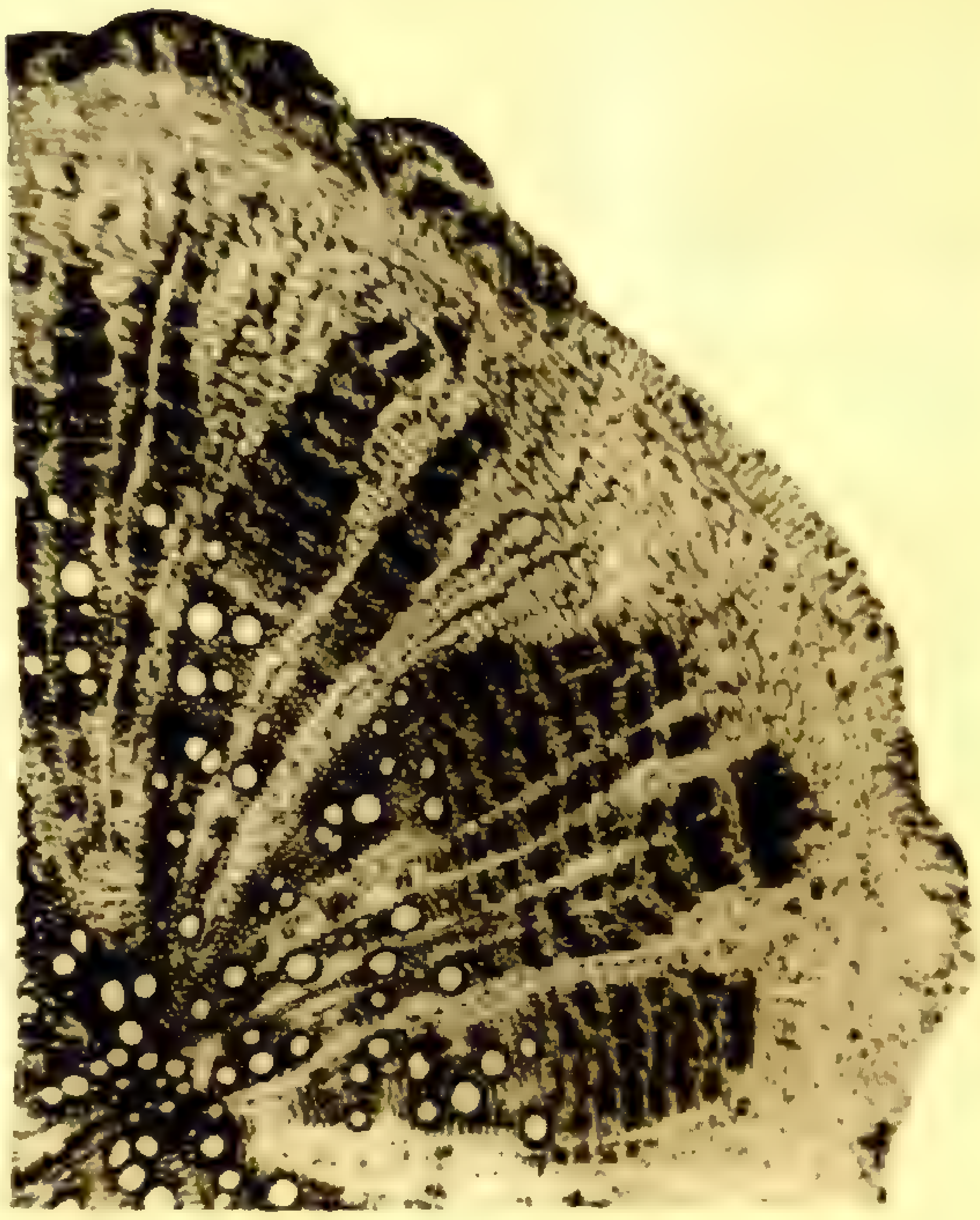


1

4



2

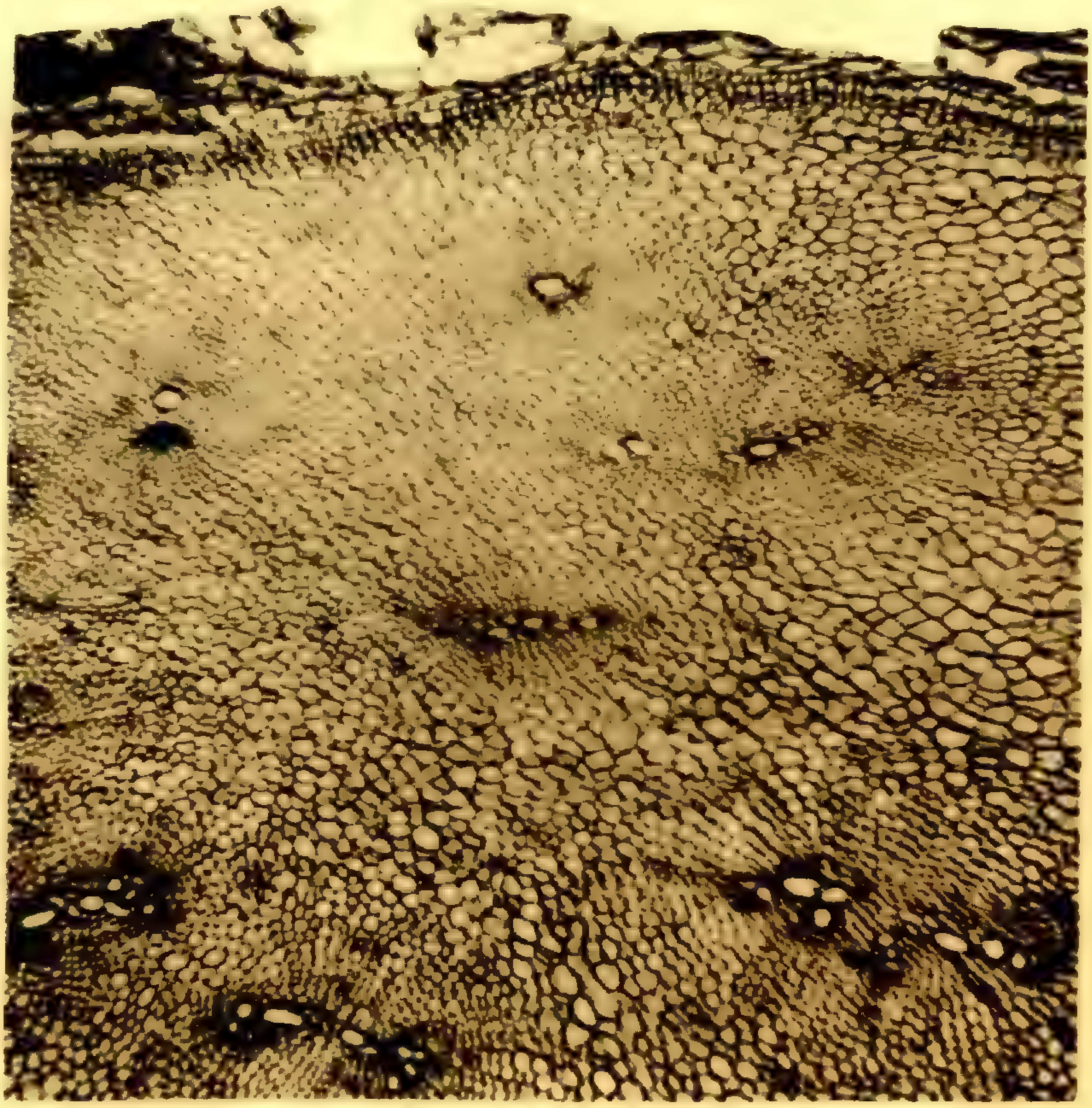


3

MOLLIARD PHOT. E. LE DELEY, IMP.

Influence de la compression sur les racines. I.

1



2

MOLLIARD PHOT. E. LE DELEY, IMP.

Influence de la compression sur les racines II.

L'ACTION DES SELS D'ANTIMOINE

SUR LA

RESPIRATION DES PLANTES

par M. W. PALLADINE

Professeur à l'Université impériale de Saint-Pétersbourg.

et M. G. COHNSTAMM.

La réaction de fermentation la plus générale, propre à tous les organismes, tant plantes qu'animaux, est leur faculté de réduire certaines combinaisons organiques et minérales. Par exemple, le bleu de méthylène (M), introduit dans un organisme vivant ou tué (1), enlève l'hydrogène à l'abri de l'oxygène et se transforme en leuco-combinaison (Leucokörper en allemand).

$$M + H_2 = M.\ H_2$$

Sous l'influence de l'air, cette combinaison s'oxyde et donne de nouveau le bleu de méthylène et l'eau.

$$M.\ H_2 + O = M + H_2\,O$$

Le rôle important des processus réducteurs dans les organismes attira l'attention de M. Ehrlich (2). Les réactions réductrices sont opérées par un ferment spécial : la réductase ; la théorie de son action a été dernièrement bien étudiée par M. Bach (3).

(1) D'après Tromsdorf, dans les plantes tuées (abgestorbene) se trouvent des ferments propres à l'action ; dans les plantes mortes (abgetötete) ces ferments sont détruits. *(Centralblatt für Bacteriologie*, II Abt. VIII, 1902, page 87).

(2) P. Ehrlich. Saüerstoffbedürfniss des Organismus. 1885.

(3) A. Bach. *(Biochemische Zeitschrift*, XXXI, 1911, page 443 ; XXXIII, 1911, p. 282 ; XXXVIII, 1912, page 154).

Gruss (1) et Palladine (2) ont démontré que la réduction joue un rôle immédiat dans la fermentation alcoolique, par conséquent dans la phase anaérobie de la respiration. Palladine a trouvé que la levure tuée (zymin) (3) réduit le séléniate de sodium qu'elle transforme en sélénium métallique. La glucose ajoutée ralentit le processus de réduction. Le travail de Mlle Korsakoff (4) a démontré que la levure tuée cesse de dégager de l'acide carbonique quand l'hydrogène du liquide en fermentation est enlevé pour la réduction du séléniate de sodium. Tout au contraire, de petites quantités de séléniate de sodium ont une action stimulante sur la levure vivante. Le séléniate de sodium produit un effet analogue sur la respiration des embryons de Froment (5), vivants ou tués.

Palladine et Lvoff (6) ont démontré que les pigments respiratoires, en enlevant l'hydrogène, affaiblissent l'action de la zymase dans la levure tuée. Ensuite Lvoff (7), ayant employé le bleu de méthylène au lieu du pigment respiratoire, obtint des résultats intéressants, démontrant que chaque molécule d'hydrogène enlevée au moyen du bleu de méthylène arrête la décomposition d'une molécule de glucose en alcool et acide carbonique. L'action du bleu de méthylène sur les végétaux supérieurs est bien plus compliquée ainsi qu'il a été démontré par les recherches de Palladine, de Mlle Hübbenet, de Mlle Korsakoff (8) et de Malczewski (9). Par exemple, les semences de Pois vivants soumises à l'action du bleu de méthylène dégagent, à l'abri de l'oxygène, plus d'acide carbonique et d'alcool que les semences normales. Ainsi l'enlèvement de l'hydrogène chez différents végétaux au moyen de fixateurs d'hydrogène divers donne des résultats différents. Les causes en sont les suivantes :

(1) Grüss. *Berichte bot. Ges.* 1908 page 191. *Zeitschrift f. Ges. B.* XXVII 1909.

(2) W. Palladine, *Zeitschrift physiol. Chemie* LXI, 1908 page 81.

(3) Peut être acheté chez Anton Schroder, München, Landwehrstr. 45.

(4) Mlle Korsakoff. (*Berichte bot. Ges.* 1910, page 334).

(5) N. Iwanoff. (*Biochemische Zeitschrift*, XXXII, 1911, page 74).

(6) W. Palladine et S. Lvoff. (*Zeitschrift f. Gärungsphysiologie*, II, 1913, p. 326).

(7) S. Lvoff. (*Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*. 1913, page 501).

(8) W. Palladine, E. Hübbenet et M. Korsakoff, (*Biochemische Zeitschrift*, XXXV, 1911, page 1).

(9) Malczewski. (*Bul. de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1913, page 639).

Tout d'abord les fixateurs d'hydrogène ont une action stimulante (1) sur les végétaux vivants. Les végétaux vivants réduisent le bleu de méthylène bien plus lentement que les végétaux tués. Durant l'action des fixateurs d'hydrogène sur les végétaux vivants il ne faut pas perdre de vue l'activité régulatrice des organismes vivants (2). L'action différente produite sur les végétaux tués s'explique d'un côté par la différence des réductases, de l'autre par la différente composition chimique des fixateurs d'hydrogène. Par exemple, M. Bach a démontré que les réductases de certaines plantes peuvent réduire les nitrates en nitrites, mais ne peuvent pas décolorer le bleu de méthylène. De plus, divers fixateurs d'hydrogène peuvent posséder, comme les matières colorantes (3), de l'affinité pour les différents éléments de la cellule. Enfin l'hydrogène labile, formé pendant le processus de la respiration peut être d'origine différente, c'est-à-dire peut se former pendant différentes phases de la respiration. Ainsi, l'hydrogène enlevé par les pigments respiratoires ou par le bleu de méthylène se produit pendant la première phase de la fermentation alcoolique (ou de la respiration), car son enlèvement est accompagné par la cessation du dégagement de l'acide carbonique ainsi que par la formation de l'alcool. Mais, dans la phase finale de la respiration, il y a encore la formation de l'eau. Il est possible que l'hydrogène servant à la formation de l'eau, puisse aussi être enlevé par un fixateur d'hydrogène introduit artificiellement.

D'après la théorie de Palladine, la respiration passe par les phases suivantes :

1. La phase anaérobie.

$$C_6 H_{12} O_6 + 6 H_2 O + 12 R = 6 CO_2 + 12 R.H_2$$

Par conséquent, la décomposition de la glucose se produit avec l'aide de l'eau. La totalité de l'acide carbonique dégagé pendant la respiration est d'origine anaérobie. La décomposition de la glucose se produit avec l'aide de la zymase et de la réductase. L'enlèvement de l'hydrogène pendant l'hydratation de la glucose ou des premiers

(1) W. Palladine. (*Jahrbücher f. wissensch. Botanik*. 1910 page 431).

(2) W. Palladine. Die Eigentümlichkeiten d. Fermentarbeit in lebenden und abgetöteten Pflanzen (*Fortschritte d. naturwissensch. Forschung*, I, 1910 p. 253).

(3) P. Ehrlich (*Berichte chem. Ges.* XLII, 1909, page 17).

produits de sa décomposition amène la cessation du dégagement de l'acide carbonique et de l'alcool.

2. La phase aérobie :

$$12\ R.\ H_2 + 6O_2 = 12\ H_2O + 12\ R.$$

L'hydrogène, formé pendant la phase anaérobie de la respiration est enlevé par les fixateurs d'hydrogène (R) dont le rôle est rempli chez les végétaux par les pigments respiratoires. Sous l'influence de l'air, on obtient de l'eau et le pigment respiratoire (R) qui est de nouveau réduit par l'hydrogène en chromogène respiratoire ($R.\ H_2$). Nous voyons donc que l'oxygène de l'air n'oxyde que l'hydrogène. A l'abri de l'oxygène, à la suite de la saturation de tous les fixateurs par l'hydrogène, peuvent se présenter deux cas. Dans un cas, l'hydrogène est employé pour la réduction des produits intermédiaires de la décomposition de la glucose ; comme résultat nous obtenons l'alcool et l'acide carbonique. Dans l'autre cas, la formation de l'acide carbonique cesse, car l'hydrogène ne trouve pas son application. Un cas analogue a été décrit par Bredig et Sommer (1). Ces auteurs ont trouvé que l'acide formique, en présence d'un catalisateur et du bleu de méthylène remplissant l'office de fixateur d'hydrogène, se décompose en acide carbonique et hydrogène.

$$C_{16}\ H_{18}\ N_3\ S\ Cl + H\ CO_2\ H = C_{16}\ H_{20}\ N_3\ O\ S\ Cl + CO_2$$

Certainement, à l'abri de l'oxygène, l'acide carbonique ne se dégagera que jusqu'au moment où tout le bleu de méthylène aura été réduit. Après avoir donné accès à l'air nous verrons que le bleu de méthylène réduit fournira de l'eau et, de nouveau, le pigment bleu ($M.\ H_2 + O = H_2O + M$) et, par conséquent, le dégagement de l'acide carbonique recommencera. On a l'impression que l'acide carbonique dégagé est le résultat de l'oxydation de l'acide formique. L'expérience décrite par Bredig et Sommer est intéressante encore parce qu'elle nous explique l'accélération du dégagement de l'acide carbonique sous l'influence d'un fixateur d'hydrogène introduit artificiellement.

Ayant en vue le processus si compliqué de la respiration, il serait à souhaiter que les divers fixateurs d'hydrogène fussent étudiés. Dans notre travail, nous avons examiné l'action produite sur la

(1) Bredig und Sommer. (*Zeitschrift f. physikal Chemie*, LXX, 1910, page 34).

respiration des végétaux par le tartrate d'antimoine *(tartarus stibiatus).*

Depuis ces dernières années, les combinaisons d'antimoine, ainsi que les préparations arsenicales, ont une application variée en médecine (1).

Il n'y a pas, que je sache, d'ouvrage consacré à l'examen de l'action produite sur la respiration des végétaux par les combinaisons d'antimoine en général et par le tartrate d'antimoine *(tartarus stibiatus)* en particulier. Voilà pourquoi il fallut avant tout trouver la concentration de la solution qui ne produisît pas d'influence nuisible sur l'état des plantes étudiées. Une solution aqueuse à 1 °/° fut employée dans toutes les expériences comme remplissant pleinement cette condition. Vu que les microbes se multiplient facilement dans une telle solution, cette dernière doit être conservée dans des conditions de stérilité. Les expériences ont été faites avec des Pois en germination et des sommets de tiges de Fève *(Vicia Faba)* étiolées. Les Pois ont été trempés un ou deux jours dans de l'eau distillée, débarrassés de leur pellicule et partagés en deux portions, dont l'une a été mise dans l'eau, l'autre dans la solution de tartrate d'antimoine à 1 °/₀. On a employé d'assez grands cristallisoirs; quant au liquide, on en versa tout juste assez pour recouvrir seulement les semences (près de 200 cc.). Les sommets des tiges des Fèves étiolées ont été préalablement cultivés deux ou trois jours de suite dans une solution de saccharose à 10 °/₀, ensuite transportés dans une solution contenant 10 °/₀ de saccharose et 1 °/₀ ou 0,5 °/₀ de tartrate d'antimoine, tandis que la portion témoin restait dans les mêmes conditions.

Pendant toute la durée de l'expérience, la privation de lumière était obligatoire. La détermination des échanges respiratoires a été faite, dans la majorité des cas, journellement, 3 ou 4 jours de suite; après quoi les plantes ont été gelées ; avant comme après l'expérience, les plantes étudiées ont été lavées avec des liquides de la même composition que ceux dans lesquels elles étaient cultivées. Les expériences se faisaient à deux fins : 1) pour déterminer la quantité de l'acide carbonique dégagé ; 2) pour déterminer le coeffi-

(1) M. Cloetta. *(Archiv f. experimentalle Pathologie und Pharmakologie :* 64 1911, page 352). — Dubois. *(Zentralbl. f. Biochemie und Biophysik,* XIV, 1913, p. 895 — Uhlenhuth, Mulzer und Hügel, l. c. page 942. — Ranken, l. c. page 942.

cient respiratoire, marquant le rapport entre l'acide carbonique dégagé et l'oxygène absorbé.

La première détermination se faisait au moyen des tubes de Pettenkoffer (1). Les plantes lavées et exposées à l'air pendant une demi-heure (pour enlever l'acide carbonique accumulé) étaient mises dans le récepteur de Chudjakoff-Richter (1), dans le tube courbé duquel on avait versé une petite quantité d'eau.

Pendant la respiration, on faisait passer un courant d'azote à travers tout l'appareil. De la bombe où il était sans grande pression l'azote traversait successivement deux vases laveurs, remplis de pyrogallate et un récipient avec de la chaux sodée, et de là passait dans les récepteurs contenant les plantes.

On tuait les plantes en les gelant. Dans ce but, le récipient dans lequel les plantes respiraient, et qui avait la forme d'un V, était hermétiquement bouché (les bouchons étaient enduits de vaseline) et plongé dans un seau rempli d'un mélange de neige ou de glace avec NaCl et NH_4NO_3. Il restait dans cette position toute la nuit (16-20 heures). Les coefficients respiratoires étaient déterminés à l'aide de l'appareil de MM. Bonnier et Mangin.

Les expériences sur les plantes vivantes ont été faites sans stérilisation préalable. Dans la majorité des cas, cette circonstance ne pouvait avoir d'importance, car avant l'expérience les plantes étaient lavées plusieurs fois, et l'expérience ne dura guère plus de 4 à 5 heures. Pendant la respiration des plantes gelées, on versait dans le tube courbé du récepteur près de 5 cc. de toluol, dont les vapeurs devaient empêcher la multiplication des microbes.

Expérience I.

Deux portions de Pois, de 50 semences chacune, ont été trempées dans l'eau durant un jour. Le 13 octobre, les deux portions ont été débarrassées de leur pellicule et mises : l'une de nouveau dans de l'eau distillée, l'autre dans une solution de tartrate d'antimoine à 1 %. La quantité d'acide carbonique a été déterminée le 14, le 15 et le 17 octobre. Le 17 octobre, après l'expérience, les semences ont été gelées.

(1) Voyez la description de la méthode : Abderhalden. (*Bioch. Arbeitsmethoden*. Bd. III p. 479).

	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	EAU		1 °/₀ TART. D'ANT.	
		CO_2	CO_2 en 1 heure	CO_2	CO_2 en 1 heure
14 octob.	2 h. 15 m. 2 » 15 »	8,2 9,8	3,6 4,4	8,4 8,4	3,7 3,7
15 octob.	2 h. 15 m. 2 » 15 »	14,8 13,8	6,6 6,1	12,1 11,2	5,5 5,0
17 octob.	2 h. 5 m. 2 » 5 »	20,0 16,0	9,6 7,7	16,2 16,0	7,8 7,7

RESPIRATION DES SEMENCES GELÉES

DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	EAU		1 °/₀ TART. D'ANT.	
	CO_2	CO_2 en 1 heure	CO_2	CO_2 en 1 heure
3 heures	39,6	13,2	26,4	8,8
3 —	42,4	14,1	25,8	8,6
5 —	50,8	10,2	30,4	6,1
11 —	79,8	7,2	42,8	3.8
8 —	50,6	6,3	25,2	3,1
18 —	78,2	4,3	42,4	2,4
6 —	17,4	2,9	9,4	1,6
54 heures	358,8		202,4	

Expérience II

Dans l'expérience précédente, il a été remarqué que l'énergie de la respiration de la portion normale des plantes gelées avait considérablement augmenté (1). On pouvait supposer d'avance que c'est un phénomène purement physiologique, car il ne s'observait pas dans la portion des semences qui se trouvaient dans la solution de tartrate d'antimoine qui avaient été gelées dans des conditions exactement identiques.

Néanmoins, une expérience spéciale a été faite pour détruire définitivement le doute au sujet de ce fait, que l'excès de CO^2

(1) La même augmentation de la respiration a été observée par M. W. Palladine (*Zeischrift f. physiologische Chemie*, 1906, page 407, par Mlle Junitzky et par M. Iraklionoff.

observé ne serait que le résultat de l'accumulation de l'acide carbonique dans les semences et dans l'appareil employé pour les geler.

Les plantes ont été gelées cette fois-ci non pas dans des récepteurs, mais dans de larges éprouvettes dans lesquelles étaient placés des flacons contenant une solution concentrée de NaOH. De cette manière, l'acide carbonique dégagé était absorbé par l'alcali. Avant l'expérience, les semences tuées ont été remises dans les récepteurs.

Les conditions préalables de l'expérience ont été les mêmes que dans l'expérience précédente.

L'acide carbonique a été recueilli le 30 novembre, après que les semences ont été trois jours de suite cultivées sur la solution de tartrate d'antimoine.

La longueur des radicules, dans la portion témoin, était de 7 — 28 mm ; dans la portion soumise à l'expérience, elle était de 5 — 7 millimètres.

DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	EAU		1 °/₀ TART. D'ANT.		T°
	CO_2	CO_2 en 1 heure	CO_2	CO_2 en 1 heure	
2 heures	18,0	9,0	18,8	9,4	17,5
2 —	17,2	8,6	16,8	8,4	17,5
LES SEMENCES SONT GELÉES					
2^h 1/2	37,2	14,9	24,2	9,7	17 — 19,5
5 ^{h}.	88,8	18,0	49,2	9,8	19,5 — 20
6^h 1/2	82,4	12,8	39,6	6,1	20 — 19,5
9^h 1/2	84,2	8,9	36,4	3,8	19,5 — 18
9^h 1/2	59,0	6,2	22,0	2,3	18
15 ^{h}.	63,6	4,2	19,8	1,3	18 — 19
8^h 3/4	36,4	4,2	8,6	0,9	19 — 21
56^h 3/4	451,6		199,8		

Expérience III

Des semences de Pois, trempées dans l'eau pendant un jour, sont le 29 novembre débarrassées de leur pellicule et partagées en deux portions (de 30 Pois chacune) ; l'une est mise dans l'eau, l'autre dans une solution de tartrate d'antimoine à 1 °/₀. Les coefficients furent déterminés le 30 novembre, le 1er, le 2 et le 3 décembre.

Le 30 Novembre :

I. — Dans la portion témoin, la longueur de la radicule est de 6 — 12 mm. Les semences ont respiré 4 h. 30 m. à la température de 17 — 17, 5.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 4,89 = 8,67 %
O_2 2,58 = 4,57 % $\frac{CO_2}{O_2} = 0,48$
N_2 48,95 = 86,76 %

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 4,8 = 8,62 %
O_2 2,54 = 4,56 % $\frac{CO_2}{O_2} = 0,47$
N_2 48,36 = 86,82 %

Moyenne : 0,47

II. — Dans la portion soumise à l'expérience, la longueur des radicules est de 5-7 mm. Les semences ont respiré 4 h. 30 m. à la température de 17 — 17, 5.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 3,87 = 6,98 %
O_2 2,73 = 4,93 % $\frac{CO_2}{O_2} = 0,38$
N_2 48,82 = 88,09 %

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 3,9 = 7,07 %
O_2 2,65 = 4,80 % $\frac{CO_2}{O_2} = 0,38$
N_2 48,65 = 88,13 %

Moyenne : 0,38

Le 1er Décembre :

I. — Dans la portion témoin, la longueur des radicules est de 7-18 mm.; les semences ont respiré 3 h. à la température de 18, 5 — 20.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 6,18 = 11,19 %
O_2 3,18 = 5,76 % $\frac{CO_2}{O_2} = 0,7$
N_2 45,85 = 83,05 %

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 6,15 = 11,27 %
O_2 3,18 = 5,83 % $\frac{CO_2}{O_2} = 0,71$
N_2 45,22 = 82,90 %

Moyenne : 0,7

II. — Dans la portion soumise à l'expérience, la longueur des

radicules est de 5-7 mm; les semences ont respiré 3 h. à la température de 18,5 — 20.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 6,24 = 10,38 % ; O_2 3,28 = 5,46 % ; N_2 50,57 = 84,16 % ; $\frac{CO_2}{O_2} = 0,62$

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 5,96 = 10,37 % ; O_2 3,22 = 5,60 % ; N_2 48,3 = 84,03 % ; $\frac{CO_2}{O_2} = 0,63$

Moyenne : 0,63

Le 2 Décembre :

I. — Dans la portion témoin, la longueur des radicules est de 8-26 mm.; les semences ont respiré 2 h. à la température de 18.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 4,12 = 7,83 % ; O_2 6,18 = 11,74 % ; N_2 41,33 = 80,43 % ; $\frac{CO_2}{O_2} = 0,83$

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 4,25 = 7,92 % ; O_2 6,3 = 11,74 % ; N_2 43,11 = 80.34 % ; $\frac{CO_2}{O_2} = 0,85$

Moyenne : 0,84

II. — Dans la portion soumise à l'expérience, la longueur des radicules reste la même; les semences ont respiré 2 h. 15 m. à la température de 18.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 5,45 = 9,82 % ; O_2 5,66 = 10,20 % ; N_2 44,41 = 79,98 % ; $\frac{CO_2}{O_2} = 0,91$

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 5,3 = 9,42 % ; O_2 5,75 = 10,21 % ; N_2 45,25 = 80,37 % ; $\frac{CO_2}{O_2} = 0,86$

Moyenne : 0,89

Le 3 Décembre :

I. — Dans la portion témoin, la longueur des radicules est de 8-32 mm.; les semences ont respiré 2 h. à la température de 20-21.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 6,23 = 10,82 °/o
O_2 5,76 = 11,71 °/o $\frac{CO_2}{O_2} = 1,26$
N_2 44,59 = 77,44 °/o

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 5,41 = 10,79 °/o
O_2 5,74 = 11,44 °/o $\frac{CO_2}{O_2} = 1,20$
N_2 39,0 = 77,77 °/o

Moyenne : 1,23

II. — Dans la portion soumise à l'expérience, les radicules n'ont pas changé ; les semences ont respiré 2 h. 5 m. à la température de 20-21.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 8,2 = 14,50 °/o
O_2 5,42 = 9,59 °/o $\frac{CO_2}{O_2} = 1,40$
N_2 42,91 = 75,91 °/o

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 7,84 = 14,35 °/o
O_2 5,16 = 9,44 °/o $\frac{CO_2}{O_2} = 1,36$
N_2 41,65 = 76,21 °/o

Moyenne : 1,38

Le tableau ci-dessous nous montre les résultats de ces expériences.

DURÉE DE L'EXPÉRIENCE	COEFFICIENT DE LA RESPIRATION	
	PORTION TÉMOIN	PORTION SOUMISE A L'EXPÉRIENCE
24 heures	0,47	0,38
48 heures	0,7	0,63
72 heures	0,84	0,89
96 heures	1,23	1,38

Comme on peut le voir, les coefficients des deux portions ne diffèrent pas sensiblement, malgré la cessation complète de la croissance dans la portion soumise à l'expérience.

On pouvait supposer que cette différence dépendait principalement des phénomènes qui ont lieu dans les parties des semences en voie de croissance, dans leurs radicules qui exigent des quantités d'oxygène comparativement grandes, et qu'elle était masquée par

les échanges respiratoires des cotylédons. Cette supposition trouva sa confirmation dans l'expérience IV.

EXPÉRIENCE IV

Deux portions de Pois, de 100 semences chacune, ont été trempées dans l'eau pendant 24 heures ; le 8 décembre, les deux portions ont été débarrassées des pellicules et mises : l'une dans l'eau, l'autre dans une solution de tartrate d'antimoine à 1 °/₀. Elles furent cultivées ainsi pendant 3 jours de suite (les liquides étaient renouvelés chaque jour).

Le 11 Décembre, les radicules ont été séparées des cotylédons et mises dans les éprouvettes sur du mercure, pour la détermination des coefficients.

I. Dans la portion témoin, la longueur des radicules est de 7 à 25 millimètres ; les radicules ont respiré 2 heures à la température de 18.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2	4,88 = 8,82 °/₀		
O_2	3,25 = 5,88 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 0,53
N_2	37,18 = 85,30 °/₀		

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2	4,71 = 8,98 °/₀		
O_2	3,13 = 5,95 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 0,55
N^r	44,63 = 85,05 °/₀		

Moyenne : 0,54

II. Dans la portion soumise à l'expérience, la longueur des radicules est de 5 à 7 millimètres ; les radicules ont respiré 3 heures 30 minutes à la température de 18.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2	1,12 = 1,90 °/₀		
O_2	11,32 = 19,17 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 1,22
N_2	46,61 = 78,93 °/₀		

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2	1,04 = 1,87 °/₀		
O_2	10,64 = 19,17 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 1,19
N_2	43,84 = 78,96 °/₀		

Moyenne : 1,2

Après l'expérience, les radicules ont été replacées dans les anciennes conditions. Le 12 décembre, les coefficients respiratoires ont été de nouveau déterminés.

I. Dans la portion témoin, les radicules ont respiré 2 heures à la température de 18 à 20.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 4,98 = 8,28 %
O_2 4,14 = 6,88 %
N_2 51,02 = 84,84 %

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0,54$$

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 4,68 = 8,25 %
O_2 3,99 = 7,04 %
N_2 48,04 = 84,71 %

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0,54$$

Moyenne : 0,54

II. Dans la portion soumise à l'expérience, les radicules ont respiré 6 heures 30 minutes à la température de 17,5-20.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 1,62 = 2,76 %
O_2 10,58 = 18,06 %
N_2 46,4 = 79,18 %

$$\frac{CO_2}{O_2} = 1,01$$

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 1,26 = 2,63 %
O_2 8,7 = 18,14 %
N_2 38,0 = 79,23 %

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0,98$$

Moyenne : 1,0

Expérience V

3 portions des sommets étiolés des tiges de Fèves ont été cultivées pendant 48 heures dans une solution de saccharose à 10 %, à l'obscurité. Ensuite, le 5 décembre, on détermina l'énergie de leur respiration.

DURÉE DE L'EXPÉR.	I 15, 49 GR.		II 15, 72 GR.		III 15, 53 GR.		T°
	CO_2	CO_2 p. 100 gr. en 1 heure	CO_2	CO_2 p. 100 gr. en 1 heure	CO_2	CO_2 p. 100 gr. en 1 heure	
2 h.	28,2	91,0	28,4	90,3	26,4	85,0	19,50
2 »	26,0	83,9	27,0	85,9	26,4	85,0	

Après l'expérience, la portion I a été remise dans la solution de saccharose à 10 %, la portion II dans la solution de saccharose à 10 % + 0,5 % de tartrate d'antimoine ; la portion III dans la

solution de saccharose à 10 °/₀ + 1 °/₀ de tartrate d'antimoine.

La détermination de la quantité d'acide carbonique dégagé a été faite le 6, le 7 et le 8 décembre.

	DURÉE DE L'EXPÉR.	I		II		III		T°
		CO_2	CO_2 sur 100gr en 1 heure	CO_2	CO_2 sur 100gr en 1 heure	CO_2	CO_2 sur 100gr en 1 heure	
6 déc.	2 h. 2 »	18,4 18,4	59,4 59,4	20,0 20,2	63,6 64,2	21,6 23,4	70,2 75,3	18 18
7 déc.	2 h. 2 »	19,4 21,6	62,6 69,7	22,8 24,4	72,5 77,6	24,8 26,4	79,8 85,0	19 — 20 20 - 20,5
8 déc.	2 h. 2 »	13,6 16,2	43,9 52,3	16,2 17,6	51,5 56,0	19,0 21,4	61,2 68,9	18,5 18,5

Expérience VI

Deux portions des sommets étiolés des tiges de Fève, âgées de deux semaines (de 12 gr. chacune environ) ont été cultivées pendant 72 heures, à l'obscurité, dans une solution de saccharose à 10 °/₀. Le 6 décembre, une portion a été mise dans une solution composée de 10 °/₀ de saccharose et de 1 °/₀ de tartrate d'antimoine, tandis que l'autre portion resta dans les mêmes conditions. Les coefficients respiratoires furent déterminés le 7 et le 8 décembre.

Le 7 Décembre.

I. — Dans la portion témoin, les sommets ont respiré 1 h. 55 m. à la température de 19-20.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2 2,74 = 4,79 °/₀
O_2 8,24 = 14,40 °/₀ $\frac{CO_2}{O_2} = 0,7$
N_2 46,24 = 80,81 °/₀

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2 2,69 = 4,86 °/₀
O_2 7,93 = 14,32 °/₀ $\frac{CO_2}{O_2} = 0,7$
N_2 44,75 = 80,82 °/₀

Moyenne : 0,7

II. — Dans la portion soumise à l'expérience, les sommets ont respiré 2 h. à la température de 19-20.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2	3,62 = 6,13 °/₀		
O_2	7,54 = 12,77 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 0,72
N_2	47,87 = 81,10 °/₀		

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2	3,39 = 6,28 °/₀		
O_2	6,97 = 12,91 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 0,75
N_2	43,64 = 80,81 °/₀		

Moyenne : 0,74

Le 8 Décembre.

I. — Dans la portion témoin, les sommets ont respiré 2 h. 35 à la température de 18,5.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2	3,16 = 5,24 °/₀		
O_2	8,05 = 13,34 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 0,65
N_2	49,12 = 81,42 °/₀		

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2	2,95 = 5,24 °/₀		
O_2	7,62 = 13,57 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2}$	= 0,68
N_2	45,68 = 81,19 °/₀		

Moyenne : 0,67

II. — Dans la portion soumise à l'expérience, les sommets ont respiré 2 h. 35 m. à la température de 18,5.

PREMIÈRE ANALYSE

CO_2	3,65 = 6,39 °/₀	O_2	= 21,46 °/₀
O_2	6,8 = 11,90 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{6,39}{9,56}$	= 0,67
N_2	46,7 = 81,71 °/₀		

DEUXIÈME ANALYSE

CO_2	3,6 = 6,41 °/₀	O_2	= 21,47 °/₀
O_2	6,63 = 11,82 °/₀	$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{6,41}{9,65}$	= 0,67
N_2	45,87 = 81,77 °/₀		

Moyenne : 0,67

Les expériences nous démontrent que le tartrate d'antimoine agit sur les végétaux comme les autres fixateurs d'hydrogène : le séléniate de soude et le bleu de méthylène. Nous constatons aussi la grande différence entre l'action du fixateur d'hydrogène sur les végétaux tués et sur les végétaux vivants.

I. — Action sur les végétaux vivants.

La respiration des sommets étiolés des tiges de Fève est stimulée par le tartrate d'antimoine comme par les autres poisons (1). Luttant contre le poison introduit, les végétaux augmentent l'énergie de leur respiration. Tout au contraire, la respiration des semences de Pois en germination s'affaiblit un peu sous l'influence du tartrate d'antimoine. Cette différence s'explique par la raison que l'absorption énergique de l'oxygène est une des conditions nécessaires pour lutter contre l'effet du poison. Les sommets étiolés des Fèves, riches en chromogène respiratoire, sont aptes à cette absorption énergique de l'oxygène, tandis que les semences de Pois, pauvres en chromogène, ne le sont pas.

Le tartrate d'antimoine ne produit presque aucun effet sur le coefficient de la respiration des semences de Pois ni sur celui des sommets étiolés des tiges de Fèves, car les organes ne grandissent presque pas. Au contraire, les coefficients respiratoires des jeunes racines de Pois dont la croissance se fait rapidement, changent sous l'influence du tartrate d'antimoine.

Les racines normales ont $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{1}{2}$, les racines empoisonnées : $\frac{CO_2}{O_2} = 1$.

Le tartrate d'antimoine arrête la croissance des racines sans les tuer.

II. — Action sur les végétaux tués.

L'action du tartrate d'antimoine sur la respiration des végétaux tués est fort nuisible comme celle des autres fixateurs d'hydrogène ; quand l'hydrogène est enlevé, le dégagement de l'acide carbonique s'arrête. Par exemple les semences témoins de Pois ont dégagé en 56 heures 3/4, 451,6 mgr. d'acide carbonique, les semences empoisonnées par l'antimoine, seulement 199,8 (expér. II).

M. Palladine, Mlle Junitzky et M. Iraklionoff ont observé que les végétaux gelés, après leur dégel, dégageaient durant les premières heures une quantité d'acide carbonique bien plus considérable que pendant leur vie. Dans la seconde expérience la congélation était opérée en présence de Na OH, par conséquent l'accumu-

(1) W. Palladine. *(Jahrbücher f. wissensch. Botanik,* 1910, page 431).

lation d'acide carbonique dans les semences n'a pu avoir lieu ; néanmoins, après leur dégel, elles commencèrent à dégager 18,0 mgr. d'acide carbonique par heure, au lieu de 8,6 mgr., donc 110 °/₀ en plus. Quelle est donc la cause de ce dégagement énergique d'acide carbonique par les végétaux tués? Les végétaux tués réduisent aussi le bleu de méthylène bien plus énergiquement que les végétaux vivants. Ce fait nous apporte une nouvelle preuve de la dépendance qui existe entre le dégagement de l'acide carbonique et les phénomènes réducteurs.

Les semences empoisonnées par l'antimoine après la congélation, sont incapables de dégager de fortes doses d'acide carbonique.

NOTE

SUR QUELQUES HERBORISATIONS

AU XVII^me SIÈCLE DANS LA FORÊT DE FONTAINEBLEAU

par M. H. POISSON

Docteur ès sciences.

Il est peu de localités de la banlieue de Paris qui soient autant visitées chaque année par les botanistes et les chercheurs de plantes que Fontainebleau (1).

Déjà en 1852, Germain de Saint-Pierre, dans son *Guide du Botaniste* (2) écrivait, au chapitre de la recherche des plantes :

« Je ne résiste pas au plaisir de mentionner nos rochers de Fontainebleau dont la vieille réputation est si bien méritée. Les richesses du

(1) C'est par Fontainebleau que la *Société Botanique de France* a commencé ses herborisations, le 12 avril 1885. Dans cette excursion, la Société visita : le Mail Henri IV, le champ Minette, puis le pavé d'Ury pour revenir par les rochers de la Salamandre, de Franchard et du Long-Boyau. [Voir Rapport sur l'herborisation, par M. Wladimir de Schœnefeld (*Bulletin de la Société Botanique de France.* Tome II 1885, pages 592-599.)] C'est également dans la même localité que M. Gaston Bonnier, le 1er Mai 1887, inaugura la série des herborisations complétant son enseignement à la Faculté des Sciences. Les élèves et leur maître, partis de la gare de Bois-le-Roi, visitèrent la route de la Cave, celle des Ventes Bouchard, le canton des Ecouettes, le Cassepot et arrivèrent à Fontainebleau à midi. La soirée fut employée à explorer le chemin des Quatre-fontaines, la Butte à Guay, les hauteurs de la Solle, les environs de la Croix d'Augas et le Calvaire. [Le compte rendu de cette intéressante promenade a été publié par M. Léon Dufour. (Le Naturaliste — 1887, pp. 80-82)]. En 1888, M. Bonnier retourna à Fontainebleau et visita les gorges d'Apremont, le plateau et les mares de Belle-Croix, Barbizon. [Voir pour le détail de cette herborisation : A. Masclef. *Bulletin des Sciences naturelles.* Tome I, pp. 64 à 73, 100 à 116, 134 à 137.)]

(2) Germain de Saint-Pierre. (*Guide du Botaniste.* Paris, Masson 1852. Loc. cit. Tome I, p. 118).

Mail Henri IV où les *Helianthemum guttatum, vulgare, pulverulentum, fumana* et *umbellatum* se sont donnés rendez-vous à quelques pas des *Carex humilis* et *montana*. Les beaux sites embellis par les *Phalangium ramosum* et *Liliago*, les pelouses et les clairières garnies des plus charmantes Orchidées, de l'*Allium flavum*, et du *Scabiosa suaveolens*. — Que de courses au pas gymnastique dans les sentiers ardus ; mais aussi quels délicieux déjeuners, à l'ombre des grands arbres, en face d'une des plus belles vues du monde, et des gigantesques pâtés du Cadran Bleu. Dieu sait aussi quelles averses ! on n'en essuie, je crois, de pareilles qu'à Fontainebleau. »

La forêt de Fontainebleau, avec ses 16.880 hectares (1), est en effet une des régions les plus curieuses de France. Elle est constituée par un sol formé des sables de l'oligocène supérieur avec, çà et là, quelques pentes calcaires. Son relief est également très variable ; aux plateaux comme ceux de Belle-Croix ou de la Butte à Guay, succèdent des massifs tourmentés comme le Saint-Germain, Franchard, Apremont, etc., ou des plaines comme celles du Rosoir, des Écouettes, des Grands-Feuillards, etc. Le revêtement végétal n'est pas moins curieux : taillis, futaies, espaces herbeux, ou dévorés par les incendies (2) tout cet ensemble donne à la forêt de Fontainebleau un aspect unique.

Au point de vue de la flore, on y trouve des plantes de l'Ouest et du Nord, de l'Est et du Sud de la France ; on y rencontre des espèces de plaine mêlées à quelques plantes montagnardes (3).

Avant la visite des botanistes, Fontainebleau a été recherché par les amateurs de « simples » (4).

C'est surtout au XVII^e siècle que l'on commença à herboriser et à

(1) La forêt de Fontainebleau est située, à 59 kilomètres de Paris, par 48° 24′ 23″ de latitude Nord et 0° 21′ 52″ de longitude Est. [(Méridien de Paris) Ville de Fontainebleau] l'altitude moyenne est de 75 à 80 mètres. Elle est divisée en 9 triages et en 183 cantons ou lieux dits (Ex. Colinet. Indicateur de Fontainebleau. Guide Denecourt. Colinet, Fontainebleau, 1905).

(2) La forêt de Fontainebleau a été ravagée parfois par de terribles incendies : en 1893, les rochers d'Apremont, et plus récemment, en 1911, toute la partie située entre la mare aux Fées et le mont-Merle, et une faible partie du Mont Ussy.

(3) Schœnefeld (*Bulletin de la Société Botanique de France*, loc. cit., p. 593) cite par exemple *Anemone silvestris* Linné, du Nord-Est, *Ranunculus gramineus* Linné et *R. chærophyllos* Linné, des environs de Toulon, *Scabiosa suaveolens* Desf., des Vosges, *Arenaria grandiflora* Linné, des Alpes et des Pyrénées, etc.

(4) Germain de Saint-Pierre. (*Guide du Botaniste*. Tome I, pp. 145-146) dit qu'à l'époque de la Renaissance et au Moyen-Age, l'étude des plantes était considérée comme une simple dépendance de la médecine et ne consistait qu'en la connaissance d'un certain nombre d'espèces médicales.

étudier les plantes de la forêt. Jacques Cornuti, docteur en médecine de Paris, qui vivait sous Louis XIII, écrivit un ouvrage (1) où sont mentionnées « in oppido Fontainebleau » : *Spiranthes autumnalis* Rich. et *Gentiana cruciata* Linné.

Soixante ans plus tard, Tournefort herborisa à Fontainebleau (2), il y cite : *Alyssum montanum* Linné, aux environs du château, *Androsæmum officinale* All., *Chlora perfoliata* Linn., *Limodorum abortivum* (en allant des Basses-Loges à la Madeleine), *Ranunculus gramineus* (à l'entrée de la forêt au delà de la beuvette royale. Morison la marque sur le grand chemin du château, entre l'Hermitage et le pont) (3).

En 1769, on retrouve dans l'ouvrage d'Hérissant (4) l'indication d'un catalogue manuscrit, des plantes de la forêt de Fontainebleau rédigé au mois de septembre 1653. Ce travail, dit Hérissant, est à la suite de celui de M. Marchant sur les plantes de la France (5).

(1) Enchiridion Botanicum parisiense continens indicem plantarum, quæ in pagis, sylvis, pratis et montosis juxta parisos locis nascuntur, auctore Jacobo Cornuti parisiensi — Parisis. — Le Moine 1635 — in-4°.

(2) Voir : *Bulletin de la Société Botanique de France* (Session extraordinaire de Fontainebleau 1881 ; les articles de M. Edm. Bonnet : Les herborisations de Tournefort et de Bernard de Jussieu aux environs de Fontainebleau, de M. E. Roze : La flore de Fontainebleau au commencement du XVIII[e] siècle ou liste des plantes intéressantes déjà signalées à cette époque dans les environs de cette ville par Pitton de Tournefort, Bernard de Jussieu et Sébastien Vaillant).

(3) Le pont dont il est question ici est le Pont de Valvins qui relie les deux rives de la Seine et fait communiquer Vulaines-sur-Seine et Samoreau avec Avon et Fontaineblean. Quant à l'Ermitage dont il est question c'est celui de la Madeleine ; voici ce qu'en dit le R. P. Pierre Dan : « L'Hermitage de la Magdelene est situé dans cette forest à une petite lieuë de la Maison Royale (le Palais de Fontainebleau), sur une pante qui descend sur le bord de la riuière de Seine et regarde de là l'eau le village de Vulaine.

Il a été basty l'an mille six cens dix-huit, au lieu dit la Fontaine le Roy par un gentilhomme breton, le quel y demeura quelque temps et se faisoit appeler le Cheualier de la Magdelene ; alloit déchaussé, portoit une grande robbe grise sur la quelle estoit une croix rouge. Les eaux depuis ont miné de sorte les bâtimens de cet Hermitage, qu'il est maintenant en ruine et est un lieu fort agréable et d'une belle veuë. Auparavant sa ruine i'y ay veu pendant plusieurs années une grande assemblée de peuple au iour de la Magdelene. » [Actuellement fête de la Saint-Pavé — 22 juillet jour de Sainte-Madeleine] Extrait de : Le trésor des merveilles de la Maison Royale de Fontainebleau, par le R. P. Pierre Dan (a) — in-folio, chez Sébastien Cramoisy, imprimeur ordinaire du Roy (b) rue Saint-Jacques, aux Cigognes — MDCXLII, [Bibliothèque du Palais de Fontainebleau cote L, N° 333].

(a) Docteur en théologie, mort en 1649, qui a donné dans son ouvrage des renseignements très précieux sur Fontainebleau.

(b) Louis XIII.

(4) Prosper Hérissant. Bibliothèque physique de la France. Traité des plantes p. 277, N° 964. (Paris, chez Thomas Hérissant, MDCCLXXI).

(5) Hérissant. Loc. cit. N° 924 p. 263.

Marchant était, avec Gavois, botaniste de Gaston duc d'Orléans. Leurs manuscrits passèrent dans la bibliothèque de Bernard de Jussieu et plus tard dans celle d'Adrien de Jussieu, petit-neveu du précédent et fils d'Antoine Laurent de Jussieu. Le manuscrit qui se rapporte à Fontainebleau est intitulé : *Enumeratio quarumdam stirpium collectarum et nondum antea conspectarum in sylva regia Fontainebleau a decimo quarto septembris die ad decimum nonum ejusdem mensis anni 1653.* — On y trouve notées les plantes suivantes : *Cratægus latifolia* Lam. (environs du Mont Chauvet), *Allium flavum* Linné (route conduisant à la croix de Souvray) (1) *Melissa cretica* Linné (près des haies au village de Montigny), *Lychnis viscaria* Linné (dans les bois près de Bourron), *Calamintha nepeta* Savi (sans localité), *Iris fœtidissima* Linné (lieux humides de la forêt).

Ce catalogue prouve que plusieurs herborisations ont été faites dans différentes parties de la forêt.

Germain de Saint-Pierre (2) rapporte à la dernière page que les mêmes auteurs sont revenus à Fontainebleau, l'année suivante, et ont complété leur premier catalogue ; on y lit en effet le titre suivant : *Enumeratio quarumdam stirpium de novo repertum in sylva regia Fontainebleau 1654.* Ils citent cette fois, mais sans indication de station : *Allium oleraceum* Linné, *Helianthemum umbellatum* Mill., *H. fumana* Mill (3), *Genista pilosa* Linné, *Asperula tinctoria* Linné, *Gentiana ciliata* Linné (4).

Étant donnée la diagnose de ces espèces, il est assez vraisemblable de croire que les botanistes de 1654 ont exploré la région du Mail Henri IV ou quelques pentes calcaires, comme celles du Mont-Merle par exemple (5).

Plusieurs espèces d'*Helianthemum* Tourn. se retrouvent encore dans les cantons sud de la Forêt (Marion des Roches, le Haut-Mont

(1) Cette route est celle d'Orléans.

(2) Germain de Saint-Pierre. *Guide du Botaniste*. Tome I, page 179.

(3) La plupart des espèces d'*Helianthemum* Tourn. sont du Centre et du Midi.

(4) Cette espèce est très rare à Fontainebleau, la plupart des Gentianes sont des plantes montagnardes. La Gentiane ciliée est surtout du Nord-Est et du Centre (collines et montagnes calcaires).

(5) La majeure partie des plantes citées ici sont calcicoles. J'ai trouvé cette année sur les pentes du Mont Ussy qui ont été brûlées en 1911 l'*Helianthemum umbellatum* Mill. en fleur le 31 Décembre.

etc.) régions ordinairement peu visitées par les botanistes (1).

Ces listes déjà anciennes sont évidemment bien incomplètes ; cependant elles sont intéressantes, parce qu'elles montrent combien de soin et de patience prenaient les chercheurs. On a vu plus haut qu'ils ont découvert des raretés comme la Gentiane ciliée qui n'a pas été retrouvée, à ma connaissance du moins, à Fontainebleau. A trois siècles de distance, il faut rendre justice à ces savants dont les noms ne nous sont pas toujours connus ; ils n'avaient pas les moyens rapides de déplacement, les instruments et les ouvrages que nous possédons, et ils ont pu néanmoins faire des observations et des travaux utiles et durables.

(1) Il existe d'ailleurs quelques cantons de la forêt peu parcourus par les naturalistes ; ce sont : au Nord, le Rocher Canon, le Cabinet de Monseigneur, les Monts de Truyes ; à l'Ouest et au Sud-Ouest, les Hautes et les Basses Plaines, la Gorge aux Archers, Attrappe-Charette, les mares aux Couleuvreux ; au Sud-Est, la plaine du Rosoir, Marion des Roches, le Haut-Mont, le Mont Aiveu, la Malmontagne, etc.

SUR LA QUESTION
DES EXCRÉTIONS NUISIBLES DES RACINES

par M. D. PRIANICHNIKOV

Professeur à l'Institut agronomique de Petrovskoë (près de Moscou).

I

Il y a quelques années, M. Whitney et ses collaborateurs, MM. Cameron, Reed, Schreiner (1) ont trouvé que certains sols américains sont peu fertiles non parce qu'ils sont pauvres en composés nutritifs, mais parce qu'ils contiennent des substances nuisibles aux plantes. Les engrais chimiques ajoutés dans de tels sols ne sont pas efficaces ou bien leur action n'est due qu'à des causes indirectes.

Dans l'extrait aqueux d'un tel sol, additionné de toutes les substances nutritives, les plantes croissent moins bien que dans l'eau distillée contenant les mêmes substances nutritives. Les auteurs ont observé que les propriétés nocives d'un tel extrait du sol peuvent être éliminées par l'ébullition ou la filtration sur du noir animal.

MM. Cameron et Reed ont émis ensuite l'opinion que les plantes sont capables, par leurs excrétions, de rendre le sol impropre à la culture subséquente de la même espèce.

Ainsi, ils ont semé plusieurs fois de suite, à 3 ou 4 semaines d'intervalle, du Blé dans le même récipient ; après la récolte de chaque génération, ils ont introduit de l'engrais. Il y eut cependant baisse de la récolte.

(1) *Bureau of Soils,* bulletin N° 22, N° 40, N° 47, etc.

Étant donnée la difficulté de déceler par voie directe la présence des excrétions nuisibles supposées, les auteurs ont eu recours aux moyens indirects : à l'étude des phénomènes de chimiotropisme d'une part, et à l'étude de l'action nocive de quelques substances pouvant se rencontrer dans les résidus végétaux (comme la tyrosine, la vanilline, la pipéridine) d'autre part.

Plus tard, les mêmes auteurs ont isolé du sol toute une série de substances capables, à certaines concentrations, de nuire aux plantes, telles que les acides dioxystéarique et picoline-carbonique.

Les travaux des auteurs précités touchent à trois questions très différentes qui souvent se confondent, mais qu'il faut traiter séparément.

Ce sont :

1) La question des excrétions nuisibles des racines.

2) La question de la présence dans les sols de substances nuisibles aux plantes.

3) La question de l'inutilité des engrais directs pour beaucoup de sols d'Amérique et du rôle indirect de ces engrais.

Voyons d'abord combien cette hypothèse d'empoisonnement des plantes par les excrétions des racines concorde avec les faits connus depuis longtemps des agriculteurs et enregistrés en partie plus exactement par les stations expérimentales; nous reviendrons ensuite à la partie expérimentale du travail de MM. Schreiner et Reed.

Arrêtons-nous par exemple sur l'observation suivante : si l'on cultive le blé en répétant les semailles trois fois de suite, la récolte diminue par le fait de l'empoisonnement du sol par les excrétions des racines.

Nous savons cependant que dans la zone des steppes on récolte le Froment facilement jusqu'à trois années consécutives, même sans donner d'engrais. Ce ne sont que la présence des mauvaises herbes et la modification de la constitution du sol qui empêchent la continuation de la culture ; mais aucun phénomène d'intoxication n'apparaît là.

Il est connu aussi que sur certains sols pauvres et impropres à d'autres cultures, il se pratique chaque année la culture du Seigle, avec semailles immédiatement après la récolte précédente (System « immer grün ») ; ce n'est pas une haute culture, mais, quoi qu'il en soit, on n'observe aucune intoxication.

De même, les faits montrent que lorsque la Pomme de terre est cultivée pendant plusieurs années sans interruption sur le même terrain, aucun signe d'intoxication ne se manifeste.

D'un autre côté, c'est la présence des parasites et de différents ennemis qui est indubitablement un facteur nécessitant l'alternance des cultures, facteur beaucoup plus puissant que l'épuisement unilatéral du sol (qui peut être réparé par l'amendement) et plus réel que les excrétions problématiques des racines.

S'il y a des cultures qu'on ne peut répéter impunément, ce sont celles dont les ennemis végétaux ou animaux sont puissamment représentés ; telle est la Betterave avec ses Nématodes et ses insectes nuisibles ; tel est le Lin qui est attaqué par l'*Asterocystis* ou par le *Fusarium*.

Si la répétition de la culture des plantes non sujettes aux affections parasitaires avait été nuisible, ce fait aurait été remarqué tout d'abord à Rothamsted, lieu classique des expériences relatives à la répétition annuelle du même schéma avec la même plante.

Pendant l'excursion organisée pour les membres du Congrès international de Chimie appliquée, nous avons eu l'occasion d'y voir, en 1909, des cultures de Blé et d'Orge. Pour le Blé, c'était la 65e année de culture exactement sur le même terrain, pour l'Orge, la 57e ; on n'y observait aucun phénomène d'empoisonnement ne pouvant être écarté par les engrais. Les données des récoltes le témoignent aussi ; les chiffres ne tendent pas du tout à baisser dans le cas d'application d'une fumure complète, si cette fumure est donnée sous une forme n'entraînant pas de réactions acccessoires défavorables. Voici quelques exemples illustrant la manière de se comporter des récoltes de l'Orge et du Blé pendant 2 périodes consécutives de vingt ans (les données sont prises non dès 1844, mais dès 1852, année à partir de laquelle a été observée le plus rigoureusement l'exécution identique du schéma annuel).

	RÉCOLTES DE L'ORGE (par hectare)	
	Pendant la 1e période de 20 ans (1852-1872)	Pendant la 2e période de 20 ans (1873-1893)
Avec le fumier	43hl,2	44hl,6
Avec l'engrais minéral complet	43hl,7	41hl,0
Sans engrais	17hl,6	11hl,9
—	19hl,4	13hl,3

Dans ces conditions, les récoltes, malgré une culture ininterrompue d'une même plante, se tiennent, avec engrais, à un niveau dépassant 40 hectolitres, se rapprochant de 2880-3040 kilog. par hectare en moyenne ; sans engrais elles tombent du niveau élevé des récoltes anglaises jusqu'au niveau des récoltes moyennes de 800 kilog. par hectare.

Si, dans ce cas, il y a une certaine baisse de la récolte même avec l'emploi des engrais chimiques il est absolument inutile pour l'expliquer d'aller chercher les influences des excrétions supposées des racines, car il y a, pour cela, des causes indubitables et tout à fait réelles, qui sont de deux sortes :

1) La structure physique du sol qui devient plus mauvaise si on n'y introduit pas de fumier (ou si on ne cultive pas de plantes fourragères).

2) L'introduction annuelle de nitrate de soude qui est capable de produire dans le sol une réaction alcaline, tandis que l'introduction annuelle de sulfate d'ammoniaque produit une réaction acide, ce qui a lieu pour des raisons connues (alcalinité et acidité « physiologiques » des sels).

Ces phénomènes ont été en effet observés à Rothamsted (1).

On peut se demander cependant pourquoi, dans les expériences des auteurs américains, la répétition de la même culture deux ou trois fois sur le même sol a produit une baisse considérable de la récolte ne pouvant être relevée par des engrais, tandis qu'à Rothamsted la culture ininterrompue non seulement pendant trois années, mais pendant trente ou soixante ans n'a pas produit une telle baisse.

(1) Lors de notre visite à Rothamsted pendant le Congrès de Chimie appliquée en 1909, le Directeur de la Station, M. Hall, a attiré notre attention sur une parcelle de prairie soumise à la fumure avec du sulfate d'ammoniaque employé seul pendant une longue série d'années, et qui a subi l' « acidification » typique ; il s'est formé une couche d'humus de 10 à 15 cm. reposant au-dessus de l'ancien niveau du sol ; la végétation a acquis un caractère propre aux endroits marécageux, malgré que les conditions d'humidité n'aient pas subi une modification immédiate, (la cause est la décomposition du sel calcique de l'acide humique par l'acide sulfurique, l'entraînement par l'eau de la chaux du sol, d'où une réaction acide du milieu).

Tout au contraire, sur une autre parcelle de la prairie ayant reçu pendant plusieurs années de suite du nitrate de soude, il a été constaté une réaction alcaline du sol à la suite de la formation de carbonate de soude aux dépens du sodium inutile aux plantes et restant dans le sol après l'utilisation de l'acide nitrique du nitrate ; de cette façon, avec la fumure unilatérale, on peut provoquer la formation de terres alcalines même dans le climat de l'Angleterre.

Tout autre est la question de la présence dans le sol de substances organiques nuisibles. Il semble que les travaux de MM. Schreiner et Shorey l'ont résolue positivement pour certains sols, mais on ne connaît rien de précis sur la provenance de ces substances. Il n'existe aucune donnée permettant de supposer qu'elles soient excrétées par les racines des plantes plutôt que d'être des produits de transformation des substances organiques sous l'influence d'une action bactérienne ; on ignore également la fréquence avec laquelle ces substances se rencontrent dans d'autres sols, en dehors de ceux qui ont été étudiés par les auteurs américains (ils ont choisi dans ce but des sols spécialement infertiles malgré leur richesse en substances nutritives indiquée par les analyses).

Enfin, la troisième question, tout à fait indépendante, concerne, à notre avis, l'assertion que les sols (du moins américains) contiennent en solution aqueuse des substances nutritives en quantité suffisante pour assurer une bonne récolte sans l'aide de n'importe quel engrais. Cette assertion soulève aussi toute une série de questions et de remarques.

S'il est juste qu'un grand nombre de sols américains contiennent, en solution, une quantité suffisante d'acide phosphorique, de potassium et de nitrates qui exclut la nécessité de l'engrais pour améliorer la nutrition des plantes, on peut alors se demander pourquoi, dans l'Amérique du Nord, on emploie des engrais sur de tels sols.

Si on les emploie pour paralyser les excrétions toxiques des racines, il se pose la question de savoir pourquoi ces excrétions ne sont pas rendues inoffensives par la solution du sol qui est si riche elle-même en acide phosphorique et en autres substances, tandis qu'elles sont rendues inactives par 30-50 kilog. d'acide phosphorique par hectare fourni sous forme de superphosphate. Si le phosphore de la solution s'y trouve sous une forme peu convenable (substance organique), cette forme peut aussi convenir moins bien à la nutrition directe des plantes que l'acide phosphorique de l'engrais.

A notre avis, le fait de la présence de grandes quantités d'acide phosphorique en solution, dans un certain sol, devrait parler contre l'emploi d'engrais phosphaté dans ce sol quel que soit le but poursuivi, car toutes les considérations qui parlent contre la nécessité d'une fumure directe se rapportent aussi à son action hypothétique indirecte (sauf le cas où il serait prouvé que pour la neutra-

lisation de la toxicité il faut des doses plus grandes que pour la nutrition directe ; mais alors la théorie des auteurs américains viendrait à l'appui de l'emploi forcé des engrais minéraux).

Notons encore une particularité : de quelle façon des substances si différentes (sels potassiques, phosphates, nitrates, sels ammoniacaux, etc.) peuvent-elle rendre inactives, au même degré, les excrétions hypothétiques des racines ? Il est difficile de s'imaginer que le nitrate de soude et l'ammoniaque puissent contribuer au même degré à l'oxydation.

Quant au nitrate de soude, il faut ajouter que la participation de son oxygène dans l'oxydation des substances organiques produirait la destruction du nitrate et occasionnerait des pertes d'azote, ce phénomène n'étant autre chose que la dénitrification si redoutée des agriculteurs, puisque c'est une cause de pertes sans résultat d'un aliment azoté si cher.

De plus, en admettant la supposition improbable exposée plus haut, que des engrais si différents produisent une action utile seulement parce qu'ils contribuent de la même façon à neutraliser les excrétions des racines, il serait indifférent d'employer tel ou tel engrais ; le fait que certains sols ont besoin avant tout de phosphore, d'autres d'azote, d'autres encore de potassium, ne se serait pas produit ; en un mot la loi du minimum ne se serait pas manifestée sur tous ces sols qui, d'après Whitney, n'ont pas besoin d'engrais pour améliorer la nutrition, mais réagissent, vis-à-vis de ces engrais, comme en présence « d'antitoxiques ».

Nous estimons que toute la partie des travaux dont il vient d'être question, qui est basée sur l'hypothèse de l'existence des excrétions nuisibles des racines, n'est pas suffisamment démontrée. Par contre, les travaux concernant la chimie du sol et en particulier l'extraction de l'humus de substances chimiquement définies ont une importance considérable dans l'étude des sols et dans la culture des plantes.

II

Dans nos propres expériences nous nous sommes basés, avant tout, sur les considérations suivantes : Si, lorsque les semailles sont répétées toutes les 3 à 4 semaines on observe réellement une baisse de la récolte, on ne peut encore en conclure à la présence

d'excrétions nuisibles des racines, jusqu'à ce que la possibilité d'autres causes de la diminution de la récolte n'ait été exclue. On peut supposer l'existence de plusieurs de ces causes (1) :

1) Influence purement physique provenant du fait que le sol est devenu plus dense à la suite des cultures répétées.

2) Influence des racines en décomposition, qui sont, en grande partie, restées dans le sol au moment de l'arrachement des plantes et ont pu provoquer la dénitrification ou simplement une diminution de l'oxygène dans le sol par suite de leur décomposition.

3) Changement de la réaction du sol sous l'influence de l'activité assimilante des plantes (vitesse différente de pénétration des bases et des acides), qui peut aussi avoir une influence dans certaines conditions de l'expérience. La technique expérimentale la plus simple dans laquelle la possibilité de l'influence de toutes ces causes est éliminée, est celle qui comporte des cultures aqueuses dans l'eau distillée sans l'introduction de sels ; c'est par ce côté élémentaire de la question que nous avons commencé la vérification des expériences de Cameron et Reed.

Une première expérience avec cultures répétées a été effectuée dans notre laboratoire en hiver 1910-11 par M. Péritourine. Le point essentiel de cette expérienee est que l'extraction des plantes avec leurs racines de l'eau dans laquelle elles se sont développées a été effectuée totalement, ce qui n'est pas le cas avec les cultures en sol ou en sable où les racines se brisent et peuvent entrer en décomposition, engendrant un milieu dépourvu d'oxygène, peu favorable pour la culture suivante.

Si les excrétions nuisibles supposées des racines existent, leur influence nocive devrait se manifester beaucoup plus fortement en culture aqueuse que dans le sol ou dans le sable, parce que les conditions d'aération dans l'eau sont plus défectueuses ; il s'en suit que les processus oxydants sont plus faibles.

Comme une certaine accumulation de la substance organique, indépendamment des excrétions des racines (meurtrissement des poils absorbants, etc.) est quand même possible avec les cultures

(1) Dans les cas où l'addition répétée d'engrais n'a pas été effectuée, il a pu se produire simplement un épuisement du sol ; mais nous ne considérerons que les expériences dans lesquelles l'influence de cette cause a été éliminée par l'introduction de substances nutritives avant chaque semaille.

aqueuses dans le cas des semences serrées et dans des vases peu profonds (cristallisoirs), on pouvait admettre qu'il y aurait baisse des récoltes successives par suite du manque d'oxygène dans l'eau. (Nous n'avons pas voulu effectuer l'aération par insufflation d'air, pour qu'on ne puisse pas dire que, par ce procédé, les excrétions supposées se sont oxydées et ont été rendues inactives).

Pour différencier ces deux phénomènes il a été procédé aux cultures répétées d'une même plante (Avoine ou Blé) et aux cultures alternées de ces deux plantes.

Si l'alternance avait donné des résultats sensiblement meilleurs que les résultats des cultures répétées, cela aurait été une preuve en faveur de l'auto-intoxication des plantes par les excrétions des racines. Cependant toutes nos précautions se sont trouvées totalement superflues : le Froment planté après la germination des graines, sur une toile tendue au-dessus de l'eau s'est développé dans la même eau tout aussi bien au cours de la deuxième culture (au bout de 2 semaines), que pendant la première, et à la troisième culture tout aussi bien que pendant les 2 premières ; on peut s'en rendre compte pour le Blé d'après le tableau suivant :

	LONGUEUR			POIDS de 100 plantes sèches
	des racines	des tiges	de toute la plante	
1re culture.	6,95	10,45	17,40	1,7158
2e —	7,01	10,29	17,30	1,7021
3e —	6,85	10,40	17,25	1,7337

On peut dire qu'il n'y a aucune différence, les écarts que présentent ces chiffres étant compris dans les limites d'erreur. Le Blé, en troisième culture, après deux cultures consécutives d'Avoine dans la même eau, a donné les résultats suivants :

Longueur des tiges......	10cm,30
Poids de 100 ex...........	1gr,7400

Ces chiffres montrent qu'après une culture d'Avoine, le Blé n'a pas mieux poussé qu'après une culture de Blé (1).

Une expérience parallèle a été faite par M. Péritourine avec l'Avoine ; trois générations de plantes ont été élevées dans la même

(1) Il faut avoir en vue que, dans ces expériences, nous avons eu affaire à des plantes étiolées, qui ont vécu aux dépens des réserves des graines, de sorte que le plus grand poids aurait indiqué une croissance moins bonne et vice versa ; mais, en réalité, on ne peut attacher d'importance aux différences, elles sont trop petites.

eau, en changeant les cultures toutes les deux semaines ; de même, aucune différence n'a été observée dans le développement (fig. 1), on constate la même coïncidence des longueurs et des poids des tiges.

	LONGUEUR DES POUSSES	POIDS DE 100 PLANTES
Avoine de 1re culture	12cm,25	2gr,5420
— 2e —	12cm,00	2gr,4000
— 3e —	12cm,00	2gr,4930

Aucun signe d'intoxication n'a été remarqué.

Dans le cas de l'Avoine plantée en troisième culture après deux cultures de Blé, la longueur des pousses fut de 12 centimètres ; le

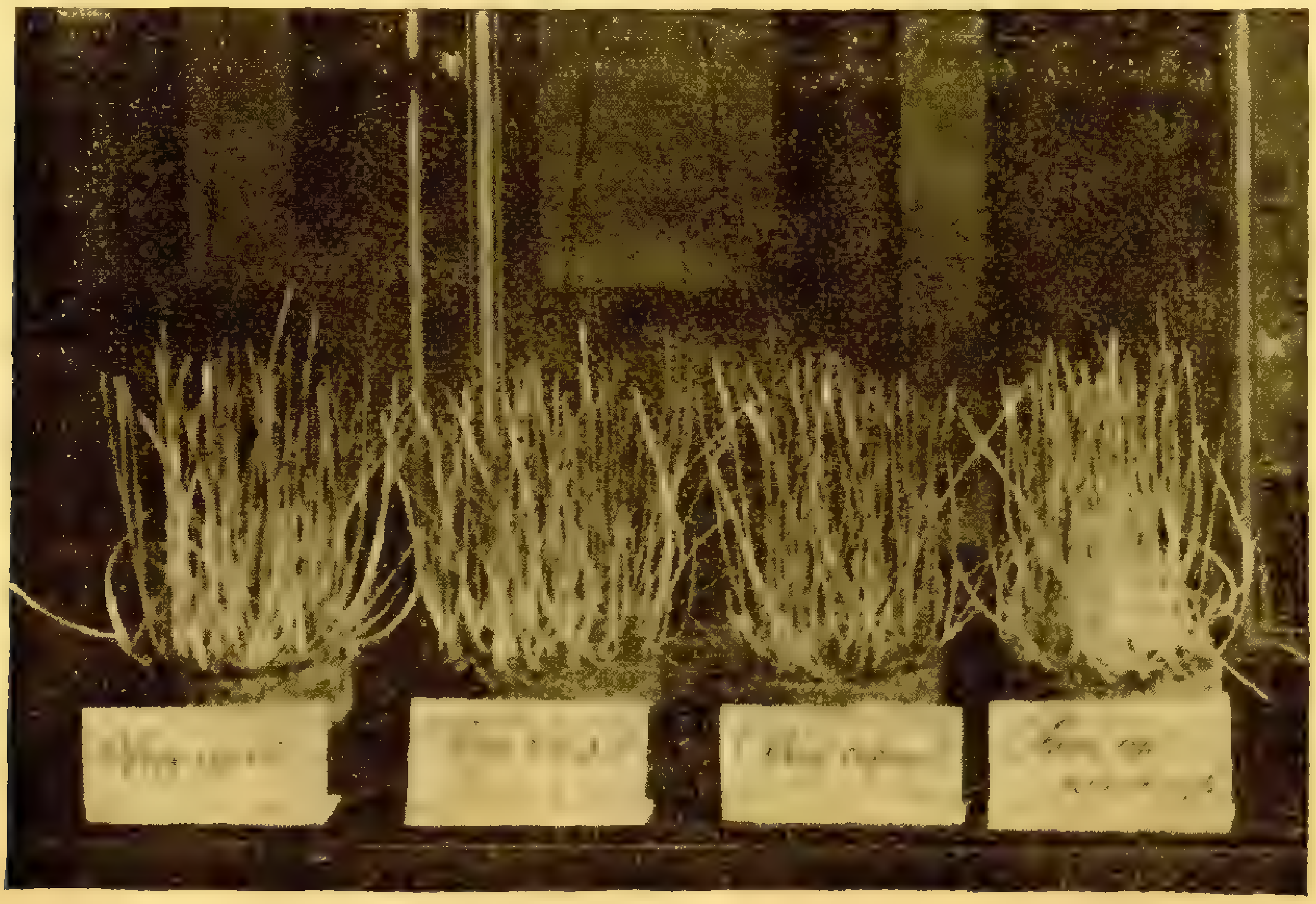


Fig. 1. — Cultures d'Avoine en milieu aquatique (eau distillée, sans sels).
1re culture d'Avoine. 2e culture d'Avoine. 3e culture d'Avoine. (2e et 3e : après culture d'Avoine.) 4e culture d'Avoine après une culture de Blé.

poids de cent plantes étant de 2,490 grammes. Par conséquent, aucun avantage sur le cas précédent ne s'est manifesté.

Ainsi, en culture aqueuse dans l'eau pure nous n'avons pas eu la reproduction des phénomènes que MM. Schreiner et Reed décrivent pour les cultures en sol et en sable.

Les cultures aqueuses semblent indiquer qu'il n'y a aucune excrétion nocive, mais comme dans ce cas on a eu affaire à des plantes étiolées mises dans l'eau distillée, la question ne peut être considérée comme ayant été envisagée dans son ensemble.

Nous avons donc passé ensuite à l'étude de phénomènes plus compliqués, c'est-à-dire à l'étude de cultures répétées faites dans l'eau et dans le sable surtout avec introduction de sels en opérant sur des plantes vertes qui assimilent. Enfin nous avons effectué des cultures répétées en sol, comme l'ont fait MM. Schreiner et Reed, en étudiant les propriétés des extraits du sol.

Dans le travail de M. Péritourine fait dans notre laboratoire, on trouvera les données d'assez nombreuses expériences effectuées dans cette voie pendant les deux années 1911 et 1912. (On a fait au total 870 semis dans 550 récipients). Nous ne signalerons ici que les résultats les plus importants à notre point de vue (1).

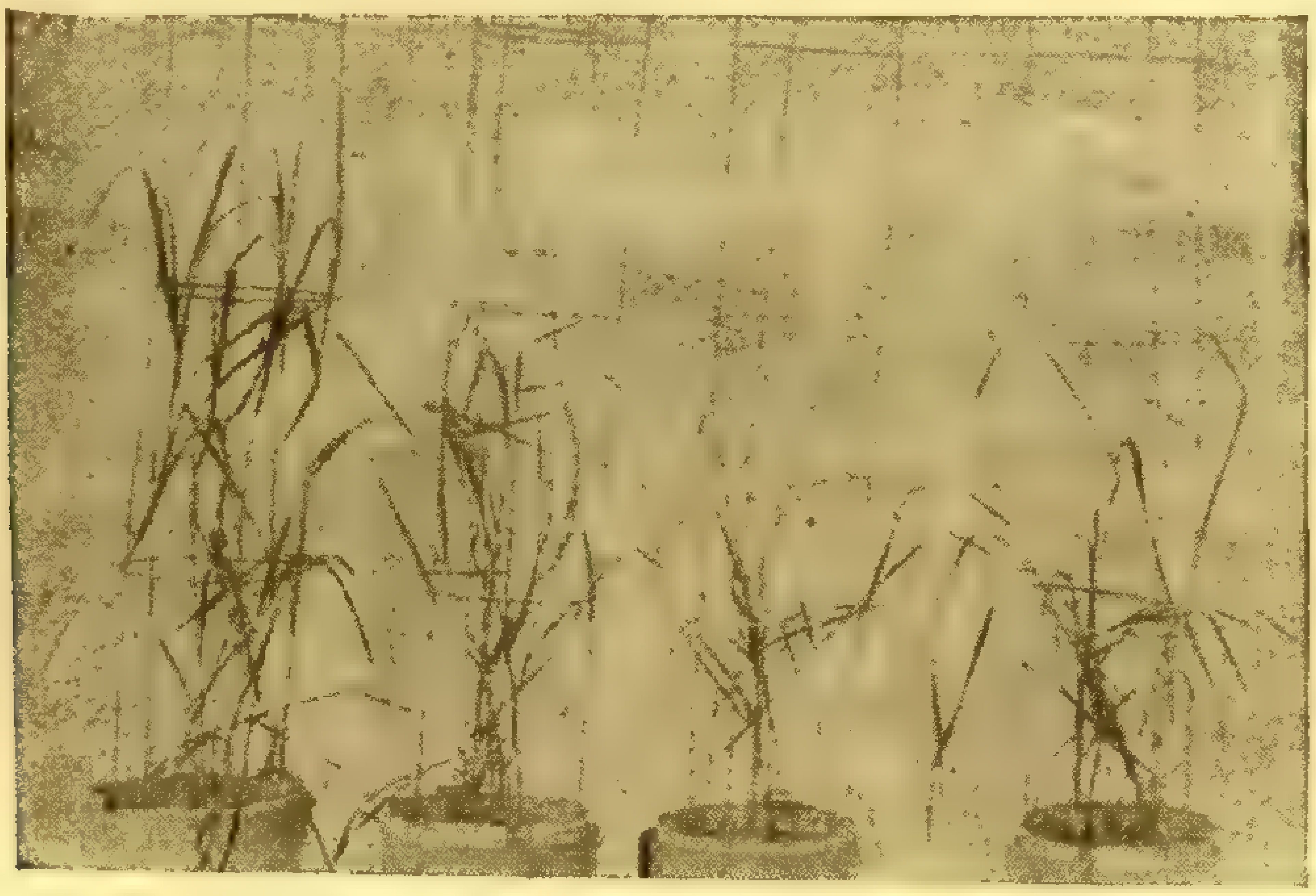


Fig. 2. — Cultures de Blé faites sur sable.

	1re culture	2e culture	3e culture	4e culture de Blé après une culture d'Avoine.
		après culture de Blé.		
Récolte (°/₀).	100	41,3	27,4	37,1

En culture faite en sable, à la lumière, avec introduction (même répétée) de sels, la deuxième culture, faite quatre semaines après la première, donne une forte baisse de la récolte en substance sèche — ce qui concorde avec les faits communiqués par les auteurs américains — ; cette baisse est différente dans les divers cas. Dans le cas le plus mauvais, cette récolte est égale à 20 °/₀ — 30 °/₀ de la première (Cameline, Lin, Graminées) ; dans le meilleur cas, elle est de 80 ou 90 °/₀ (Sarrasin, Betterave).

(1) Le travail original est publié en russe dans les *Annales de l'Institut agronomique de Moscou*, 1913, N° 4.

Mais aucune influence nocive spéciale ne se fait sentir, car cette influence se manifeste aussi sur les autres plantes, et non pas seulement lorsqu'on répète la culture de la même plante. C'est en effet ce que l'on peut voir d'après les chiffres suivants (fig. 2, 4 et 8) :

	1re CULTURE	2me CULTURE	3me CULTURE
Blé..........	100*	41,3 %	27,4 %

La deuxième culture de Blé, faite après une culture d'Avoine, a donné 37,1 %, c'est-à-dire aussi une forte baisse. De même dans l'expérience faite avec l'Avoine :

1re CULTURE	2me CULTURE	3me CULTURE
100	55,2	48,5

Ainsi donc, l'action nocive existe mais elle n'affecte pas un caractère spécifique. Pour éclairer les causes de cette influence novice et pour juger si la baisse de la récolte n'est pas provoquée par l'influence des restes des racines, les expériences suivantes ont été effectuées (1) : Dans quelques récipients, les plantes, au moment de la récolte, ont été seulement coupées, de sorte que toutes les racines sont restées dans le sol (ou dans le sable) ; dans d'autres récipients les plantes ont été extirpées et, de plus, le sol ou le sable a été tamisé de sorte que les racines ont été séparées aussi complètement que possible ; enfin, dans quelques cas, les racines séparées ont été introduites après la première culture dans un autre récipient pour permettre d'évaluer l'influence nocive de la substance des racines sur le développement des plantes nouvellement semées.

Si, avant les premiers semis, on introduit dans les cultures

(1) Avec une certaine schématisation cette influence se résume en une dénitrification ; en réalité, elle est plus compliquée. Elle peut se composer :

1) de la dénitrification proprement dite, c'est-à-dire perte d'azote à l'état gazeux, ayant pour conséquence la disette en azote ;

2) de la transformation de l'azote nitrique en azote organique, produisant le même phénomène ;

3) l'influence de la réaction alcaline du milieu, dépendant de la formation de Na_2CO_3 à partir de $NaNO_3$, ce qui a lieu dans la première et dans la seconde réaction. Ce dernier cas s'est montré clairement dans les expériences effectuées chez nous en 1911 par A. A. Schmouk, qui a observé une alcalinité d'autant plus grande qu'il a été introduit plus de sucre (voir VIIIe rapport de notre laboratoire, p. 282, en russe).

Il peut arriver que l'influence en question ne se borne pas à ce qui a été dit ; on peut imaginer que, dans certains cas, dans le sol peut s'observer encore un manque d'oxygène qui affecte la respiration des racines des jeunes plantes.

faites en sable, des racines prises dans un autre récipient, on obtient une baisse de la récolte à 76,8 °/₀ (Avoine) et même à 45,2 °/₀ (Blé). Ces données témoignent en faveur d'une action nocive considérable de la substance des racines (fig. 3).

Cependant, un essai fait pour mettre en évidence cette influence par la méthode inverse, c'est-à-dire en éliminant les racines prove-

Fig. 3. — Culture de Blé faite sur sable avec engrais renouvelé.

	1re culture	2e culture sans tamisage du sable.	2e culture après tamisage du sable.	1re culture de Blé en présence des racines d'une autre plante.
Récolte (°/₀) :	100	19,0	33,3	45,2

nant de la première récolte avant le deuxième semis n'a pas donné de résultats aussi nets.

	1re CULTURE	2me CULTURE		
	—	Plantes seulement coupées	Plantes seulement extirpées	Plantes extirpées et racines tamisées
Blé.....	100	19,0	—	33,3
Avoine..	100	28,8	28,0	32,0

On voit que malgré que l'élimination des racines ait produit une augmentation de récolte, l'importance de cette augmentation n'est pas suffisante pour expliquer toute la différence existant entre la récolte du premier et celle du deuxième semis par l'influence nocive des restes des racines. Il est évident que d'autres causes sont inter-

venues, et en premier lieu l'influence de l'alcalinité provoquée par des actions physiologiques. Il est connu depuis longtemps que pour les cultures dans l'eau et dans le sable le milieu a une tendance à devenir de plus en plus alcalin à mesure du développement des plantes, ce qui s'explique habituellement par une consommation plus grande d'azote nitrique que de bases liées à l'acide nitrique (1).

On peut cependant croire qu'au cours de cultures répétées de nouvelles plantes, après l'enlèvement de chaque récolte, pendant les

Fig. 4. — Sarrasin et Lin.

	1re culture de Sarrasin.	2e culture (après le Blé).	3e culture (après deux cultures d'Avoine).	1re culture de Lin.	2e culture (après l'Avoine).
Récolte (%) :	100	95,0	43,2	100	54,1

premiers stades de développement (ce qui a eu lieu dans les expériences de Cameron et dans les nôtres, mais ce qui n'a pas lieu dans les conditions agricoles réelles), il y a quelque chose qui souligne davantage une tendance habituelle à l'alcalinité ; il y a précisément des données indiquant que, dans la première période de sa vie, la plante est surtout encline à absorber les acides plus vite que les bases, même sans qu'il y ait de relation directe avec l'importance définitive de telles ou telles combinaisons pour la nutrition de la

(1) Cela se rapporte aux mélanges habituels (avec participation des nitrates) ; dans le cas de sels ammoniacaux (NH_4Cl, etc.) la réaction neutre devient au contraire acide. (Voir, en rapport avec ceci, ce qui a été dit plus haut des expériences de Rothamsted).

plante ; ce phénomène, non signalé auparavant, s'est manifesté ainsi dans les expériences de M. Pantanelli :

Les quantités suivantes d'ions ont été absorbées par les pousses de la Courge en 10-14 jours.

KH_2PO_4	K	0,045 gr.	1,15	mgr.	ions
	H_2PO_4	4,658 »	49,04	»	»
$CaHPO_4$	Ca	0,044 »	1,10	»	»
	HPO_4	7,496 »	78,93	»	»
$CaSO_4$	Ca	0	0	»	»
	SO_4	0,189 »	1,98	»	»
$CaCl_2$	Ca	0	0	»	»
	Cl	1,824 »	51,39	»	»
K_2SO_4	K	0,455 »	11,6	»	»
	SO_4	1,735 »	18,1	»	»
KCl	K	0,912 »	23,4	»	»
	Cl	1,089 »	30,7	»	»

Fig. 5. — Cameline.

	1re culture.	2e culture sans lavage.	2e culture après lavage du sable.	Culture après le Lin (sans lavage).
Récolte (%) :	100	17,8	70,9	41,9

Comme on le voit, dans tous les sels les jeunes pousses sont disposées à absorber plus d'acide que de base ; il en est ainsi même pour les sels qui en résultat final ne seront pas rendus du tout physiologiquement alcalins.

Ces observations de M. Pantanelli ont été vérifiées dans notre laboratoire et ont trouvé une entière confirmation ; les jeunes

pousses peuvent, au bout de 10 jours déjà, produire une alcalinité non moins grande que celle qui se manifeste à la fin de la période végétative.

Il faut, bien entendu, poursuivre encore les recherches dans cette direction ; mais on peut déjà conclure de ce qui a été dit dans les lignes précédentes que dans les différentes phases du développement l'entrée dans la plante des acides et des bases n'est pas la même ; et il est très probable que la première phase est essentiellement « alcaline » (au point de vue de la réaction du milieu extérieur).

Fig. 6. — Lin (en sable).

1re culture	2e culture sans lavage.	2e culture après le lavage du sable.	2e culture après : la Cameline.	le Pois.	le Maïs.	la Betterave.	le Maïs, mais avec addition de charbon fin.
Récolte (%) : 100	44,0	82,1	31,6	89,3	38,4	51,8	123,7

De là vient la nécessité d'étudier cette alcalinité et de l'éliminer; le titrage des extraits dans le cas des cultures faites en sable permet à M. Péritourine d'établir un certain degré de différenciation dans l'alcalinité :

Avoine	1,6 cc.	de H_2SO_4 1/10 normale pour 100 cc. de la solution
Millet.......	1,7 »	
Cameline ...	1,7 »	
Sarrasin	1,2 »	
Lin.........	1,2 »	

Malgré que les différences entre les diverses plantes ne soient pas grandes, on peut dire cependant que les plantes produisant la plus grande alcalinité se trouvent celles qui supportent le moins bien la culture répétée (Millet et Cameline) ; à part le degré d'alcalinité, l'abaissement de la récolte dépend encore, bien entendu, de la sensibilité des différentes plantes à la même alcalinité.

Pour observer combien une telle alcalinité est nuisible, des expériences faites avec des cultures répétées ont été entreprises :

Fig. 7. — Millet.

	1re culture.	2e culture sans lavage.	2e culture après le lavage du sable.	Culture de Millet après une *culture* de Chanvre (sans lavage).
Récolte (°/°) :	100	21,1	62,3	39,1

après chaque culture la solution provenant de la culture précédente a été éliminée par lavage, à l'eau distillée (pour 4 kilog. de sable

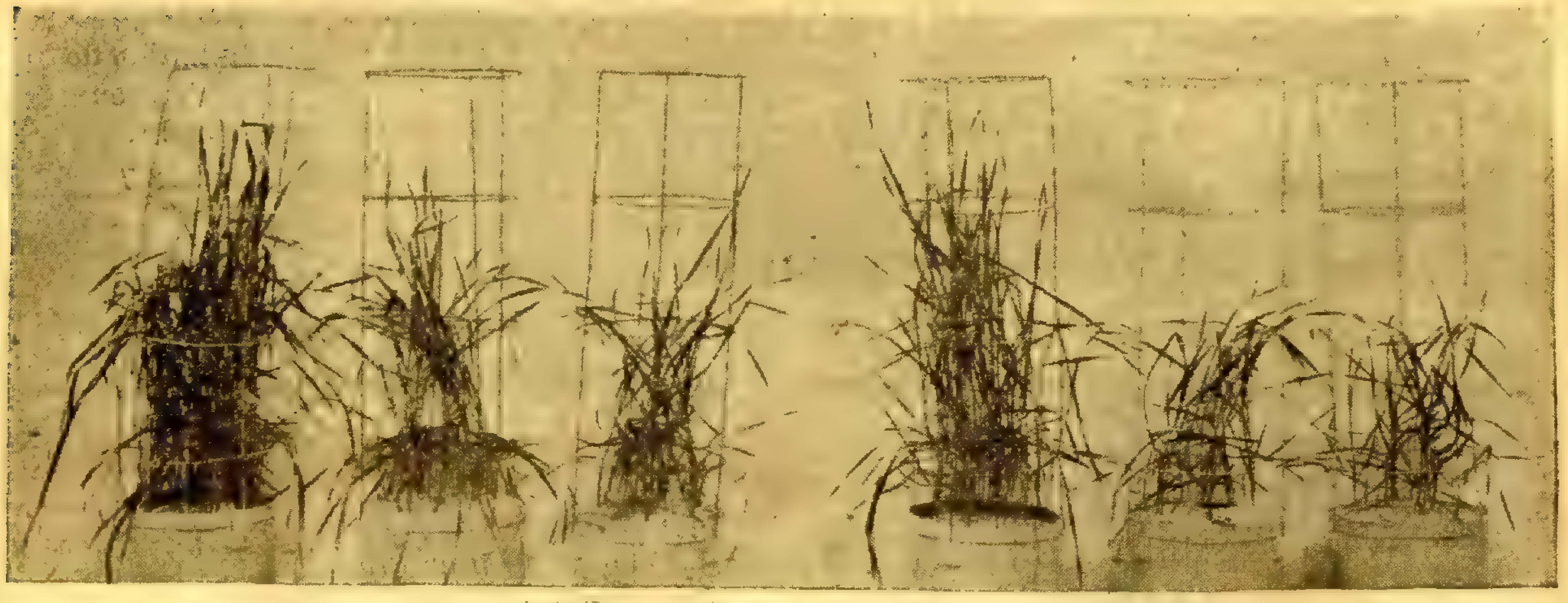


Fig. 8. — Culture de Blé dans le sol.

	Avec engrais renouvelés 1re culture	2e culture	3e culture	Sans engrais 1re culture	2e culture	3e culture
Récolte (°/°) :	100	31,1	28,3	100	47,9	27,3

2250 cc. d'eau distillée) ; les sels ont été introduits à nouveau comme dans les autres cas. Un tel lavage, quoique incomplet, a sensiblement augmenté la récolte.

	1re CULTURE —	2me CULTURE —	2me CULTURE sable lavé à l'eau
Lin.........	100	44,0	82,1
Cameline...	100	17,8	70,9
Millet.......	100	21,1	62,3
Sarrasin	100	81,2	104,3 (1)
Betterave ...	100	93,2	109,1 (1)

De cette façon, on peut considérer comme presque acquis que, dans les expériences semblables, la baisse de la récolte des cultures

Fig. 9. — Culture d'Avoine en milieu aquatique (Solution d'Hellriegel).

Culture normale. — Extrait du sol (terre noire) : — ; filtré sur le charbon. ; Résidu de la distillation à 100° de l'extrait. ; Produit distillé. ; Résidu de la distillation à pression diminuée (40°). ; Produit distillé à pression diminuée (40°).

répétées est due, à part le facteur physique (tassement du sol), à l'influence nocive des restes organiques (racines) et à l'alcalinité du milieu provoquée par des causes physiologiques ; c'est pour cette raison qu'une telle baisse de la récolte ne prouve pas encore l'existence d'excrétions nuisibles des racines. Mais, strictement parlant,

(1) L'excès sur 100 doit évidemment être attribué aux oscillations accidentelles.

nous ne pouvons pas encore non plus affirmer le contraire, c'est-à-dire que toute l'action nuisible des cultures répétées se borne à l'influence des restes des racines et à l'alcalinité du milieu.

Pour ce qui précède, nous avons pris les données dans la partie du travail de M. Péritourine qui a été effectuée avec des cultures faites en sable et qui a servi spécialement à délimiter la question des

Fig. 10. — Avoine.

Culture normale.	Extrait du sol[1] (terre noire).		
	avec sels		sans sels.
—	Chauffé à 100°.	Filtré sur le charbon.	

excrétions des racines; d'autres chapitres de ce travail concernent la question du lavage du sol, des propriétés des extraits aqueux des sols en relation avec la question de la présence, dans ces extraits, de substances nuisibles.

Sans entrer dans un examen plus détaillé de ces expériences, nous remarquerons seulement qu'ils confirment une partie des observations de MM. Whitney, Cameron et Reed; en effet, les extraits des sols contiennent souvent des substances nuisibles aux

plantes; cependant ces substances ne sont pas spécifiques, c'est-à-dire que si elles sont nuisibles à l'Avoine, elles le sont aussi au Sarrasin.

L'ébullition n'agit pas de même sur tous les extraits; le pouvoir

Fig. 11. — Sarrasin cultivé en milieu aquatique.

Solution normale (Hellriegel). — Extrait du sol limoneux du gouv. de Moscou. — avec sels nutritifs — chauffé à l'ébullition. — filtré sur le charbon. — sans sels.

qu'ont les substances nuisibles de se volatiliser ne se confirme pas régulièrement (fig. 9, 10 et 11).

Comme la question des substances nuisibles dans les sols n'est pas directement liée à la question des excrétions nuisibles des racines, nous pourrions dire que tout ceci ne concerne pas les considérations développées plus haut au sujet des cultures sableuses.

Il faut cependant faire remarquer un point qui doit être soumis à une étude ultérieure — c'est l'influence du charbon finement pulvé-

risé. Dans les expériences de M. Cameron, de même que dans celles de M. Péritourine, le charbon s'est montré capable de rendre inactives les influences que produit la culture précédente sur la suivante, ou, plus exactement, le charbon élève la récolte de la deuxième culture jusqu'au niveau de la première, de même qu'il rend inactifs les extraits des sols (fig. 6, 9, 10 et 11), et comme la filtration à travers le charbon n'a pas diminué l'alcalinité de l'extrait, il reste à voir en quoi consiste l'action utile du charbon.

Il n'y a que ce point qui engage à poursuivre les expériences en vue de rechercher d'autres causes directes de l'influence nuisible des cultures répétées, à part l'alcalinité des solutions et la possibilité de la dénitrification; car ce point donne la possibilité d'affirmer que nos données ne permettent pas de conclure à la non existence complète des excrétions nuisibles des racines. Du fait qu'un facteur supposé X, provoquant à la deuxième culture la baisse de la récolte, s'est trouvé contenir les facteurs a + b + c, on ne peut conclure qu'à part a + b + c (1) il ne contient pas, même en quantité très faible, un autre facteur.

On peut dire qu'une telle assertion présente peu d'attrait à être défendue, d'autant plus que les auteurs eux-mêmes du rétablissement de l'idée des excrétions nuisibles des racines semblent déjà cesser d'en parler; ils ne parlent plus que des substances nuisibles se rencontrant dans les sols. De plus, ils ont changé le cours de leurs travaux en extrayant du sol des combinaisons chimiques absolument déterminées, telles que l'acide dioxystéarique, l'arginine, l'hystidine, etc.

Cependant, sans craindre d'être « plus royaliste que le roi », nous estimons que l'action utile du charbon dans les cultures répétées doit être étudiée pour qu'on puisse constater définitivement si l'action utile du charbon est en relation avec l'existence des excrétions nuisibles des racines, ou si les causes de ce phénomène sont d'un autre ordre (2).

(1) En représentant par a, les facteurs physiques (tassement du sol dans les cultures répétées), par b, les facteurs biologiques (dénitrification), par c, les causes physiologiques déjà connues (alcalinité).

(2) Deux Mémoires importants ont paru pendant l'impression de ce travail et n'ont pu être signalés ici : celui de M. Molliard, qui a fait des expériences en cultures stériles sur la question des excrétions nuisibles des racines et celui de M. Hall, qui a étudié les solutions des sols de Rothamsted.

Institut agronomique de Petrovoskoë, près de Moscou.

L'ACCOUTUMANCE DU FERMENT LACTIQUE AUX POISONS *(Bromure de potassium)*

ÉTUDE DE MÉSOLOGIE

par M. Charles RICHET

Membre de l'Institut,

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

J'ai cherché à savoir comment se comporte, vis-à-vis d'un poison salin, un microbe (le ferment lactique) habitué à ce poison. Y a-t-il accoutumance? Et dans quelles conditions se produit-elle ?

Ayant déjà constaté cette accoutumance (ou immunité relative) pour l'arséniate de potasse, j'ai poursuivi cette étude avec le bromure de potassium, en prenant pour mesure de l'activité du ferment la quantité d'acide lactique formé en 24 heures.

Technique. — La technique est simple. Du lait est mélangé à son volume d'eau, et 10 c.c. de ce mélange, placés dans un tube à essais, sont stérilisés à 110°, puis ensemencés par un ferment lactique pur. Soit A l'acidité primitive (à la phénolphtaléine) dosée par une solution de potasse à 2 °/₀₀. Si, après fermentation, l'acidité est A′, nous en conclurons qu'il y a eu une fermentation d'acidité A′ — A, mesurant l'activité du ferment.

On peut alors comparer la marche de la fermentation, selon que le mélange (lait et eau) contient des quantités de bromure de potassium plus ou moins grandes.

Pour éviter des causes d'erreur dues à des manipulations différentes, on procède ainsi :

Soit une solution mère de bromure de potassium à 200 grammes par litre : on mélange 500 c.c. de cette solution à 500 c.c. de lait : le titre est alors de 10 °/₀ de KBr.

On prélève vingt-cinq tubes de cette solution (1), contenant chacun 10 c. c. de liquide.

De la solution (1), on prend 250 c.c. qu'on mélange avec 250 c.c. de lait dilué (de son volume d'eau). On a ainsi un liquide (2) contenant 5 °/₀ de KBr, et de même on prépare 25 tubes d'une solution (3), contenant chacun 10 c.c. de liquide.

En opérant ainsi, on a une grande provision de tubes identiques; car tous ont été le même jour stérilisés, et contiennent du lait de même provenance.

On comprend qu'on peut avoir ainsi du lait contenant par litre 100 grammes, 50 grammes, 25 grammes, 12^{gr}, 5, 6^{gr}, 25, etc. de KBr.

Par d'autres mélanges, on peut avoir en KBr des quantités quelconques.

Cela posé, après fermentation durant 24 heures dans une étuve bien réglée, les tubes étant d'ailleurs placés dans un cristallisoir plein d'eau, pour que la température soit moins variable, on fait deux dosages, l'un au bout de 18 heures de fermentation, l'autre, au bout de 24 heures. La moyenne donne le chiffre qu'on veut obtenir, et on en déduit le chiffre de l'acidité primitive du lait avant fermentation, connue par un dosage préalable.

Alors, avec le ferment témoin, j'ensemençais le liquide témoin, les liquides 1, 2, 3, 4, 5, contenant, je suppose, par litre, 100 grammes, 50 grammes, 25 grammes, 12^{gr}, 5, 6^{gr}, 25 de KBr, et je dosais la quantité d'acide formé. Puis, je faisais un autre ensemencement, toutes conditions égales d'ailleurs, avec du ferment lactique qui avait végété longtemps dans du lait bromuré ; et j'obtenais ainsi une série de chiffres d'acidité.

Ces chiffres du ferment bromuré sont à comparer avec ceux que donne le ferment témoin ensemencé dans les mêmes liqueurs bromurées.

Je suppose, pour prendre un exemple concret, qu'on ait un ferment lactique ayant poussé dans une solution contenant 7^{gr}, 5 °/₀ de KBr, (appelons-le ferment bromuré) et qu'on ait le ferment

lactique, de même origine, ayant poussé dans une solution lactée pure, (appelons-le ferment témoin).

Les acidités respectives ont été en c. c. de KOH nécessaires pour la neutralisation (déduction faite de l'acidité primitive) :

	FERMENT TÉMOIN	FERMENT BROMURÉ
Dans le liquide témoin..........	9	7,9
Dans le lait avec 3,7 de KBr....	7,1	7,8
— 7,5 de KBr....	6,3	9,0
— 15,0 de KBr....	5,5	8,8

Or, ce qui est intéressant à comparer et ce qui importe, c'est la différence de végétation (dans des milieux identiques) pour le ferment bromuré et le ferment témoin.

Alors, supposons égale à 100 la fermentation qui se produit quand le ferment témoin est ensemencé, on a les chiffres suivants :

	FERMENT TÉMOIN	FERMENT BROMURÉ
Liquide témoin.........	100	88
Lait avec 3,7 de KBr...	100	110
— 7,5 de KBr...	100	143
— 15,0 de KBr. .	100	160

ce qui veut dire : *dans le lait témoin, le ferment témoin pousse mieux que le ferment bromuré ; dans le lait bromuré, le ferment témoin pousse moins bien que le ferment bromuré.*

Le ferment qui a servi à l'ensemencement avait poussé dans des solutions lactées bromurées, tantôt de 5 grammes, tantôt de 10 grammes, tantôt de 20 grammes, tantôt de 30 grammes par litre.

On a alors les chiffres suivants, moyenne d'expériences poursuivies pendant plusieurs jours (27 jours pour les ferments à 5 grammes par litre ; 10 jours pour les ferments à 10 grammes ; 20 jours pour les ferments à 20 grammes ; 6 jours pour les ferments à 30 grammes).

On supposera toujours, bien entendu, que, dans la même liqueur, pendant le même temps, dans les mêmes conditions, le ferment normal a donné 100. Combien alors aura donné le ferment bromuré ?

QUANTITÉS DE KBr. par litre de la liqueur fermentée.	FERMENT BROMURÉ à 5 gr. par litre (27 exp. consécutives).	FERMENT BROMURÉ à 10 gr. par litre (10 exp. consécutives).	FERMENT BROMURÉ à 20 gr. par litre (20 exp. consécutives).	FERMENT BROMURÉ à 30 gr. par litre (6 exp. consécutives).
0	98	97	94	91
0,3	100	99	102	98
0,6	102	100	106	104
1,2	100	104	110	102
2,5	102	109	113	112
5,0	102	115	114	104
10,0	104	120	115	104
20	106	114	119	110
30	106	120	120	103
40	107	115	115	104
50	112	119	117	102

En détaillant la série des ferments bromurés à 20 gr. par litre, on voit nettement que l'accoutumance met longtemps à s'établir ; on peut s'en rendre compte en comparant les trois séries suivantes successives.

KBr PAR LITRE	1re SÉRIE DE VIII. (du 8 au 16 déc.)	2me SÉRIE DE VIII. (du 16 au 24 déc.)	3me SÉRIE DE IV. du 24 déc. au 5 janv.
0	99	92	89
0,3	103	106	95 } 92
0,6	116 ?	106	89 }
1,2	108	112	111
2,5	107	115	121
5	106	118	123
10	109	121	118 } 125
20	112	120	133 }
30	115	121	126
40	109	115 } 118	119 } 121
50	109	122 }	123 }

De ces faits, et de divers autres que je pourrais multiplier, mais sur lesquels il ne convient pas de donner des chiffres trop nombreux, il résulte ceci :

1° Le ferment qui a végété dans une solution saline toxique s'accoutume à cette solution ; c'est-à-dire que, dans la même solution toxique, il pousse toujours mieux que le ferment normal, et cela, de plus en plus, à mesure que sa vie dans ces milieux toxiques s'est prolongée par une série d'ensemencements consécutifs.

2° Non seulement il s'accoutume au milieu toxique ; mais encore, replacé dans un milieu normal, il pousse, comparativement au ferment normal, de moins en moins bien, et *toujours moins bien.*

3° Il s'habitue à un sel toxique et surtout à une *concentration donnée* de ce sel toxique. Pour le ferment bromuré qui a poussé sur du lait à 20 grammes par litre de KBr, l'optimum de vie (comparativement au témoin) est une solution lactée à 20 grammes par litre de KBr. Il y a donc adaptation du ferment non seulement à telle ou telle matière saline, mais à la concentration de cette même matière saline.

4° Il y a un optimum pour la différence entre la vie du ferment bromuré et la vie du ferment normal. Si le ferment a poussé dans une solution très diluée de sel toxique, les différences sont à peine appréciables : elles sont moins nettes aussi, si le ferment a poussé dans une solution très concentrée ; car alors, il a poussé mal, et il ne reprend que difficilement son activité, même dans des solutions toxiques.

5° Remis dans le milieu normal, le ferment bromuré récupère très vite ses propriétés normales, et au bout de 48 heures, même quelquefois de 24 heures, il se comporte tout à fait comme le ferment normal.

Il m'a paru intéressant de signaler ces faits, parce qu'il s'agit, comme je l'ai constaté, d'un phénomène général, commun à beaucoup de substances.

L'accoutumance, avec retour rapide à l'état normal, est donc une loi biologique universelle. Et c'est une preuve de plus à l'appui des belles et décisives expériences de G. Bonnier, se rapportant aux influences du milieu sur les fonctions des êtres vivants.

LES ACIDES VOLATILS

DANS LES PRODUITS DE FERMENTATION DE QUELQUES MICROBES ANAÉROBIES

par M. G. SÉLIBER

Au cours de recherches sur les produits de fermentation du Bacille butyrique cultivé seul ou en culture mixte avec le *Bacillus perfringens* et le *B. putrificus*, nous avons été amené à déterminer les acides volatils dans les produits de fermentation des microbes cités, cultivés seuls ou en culture mixte avec le Bacille butyrique.

Nous avons eu en vue primitivement l'étude détaillée de la fermentation butyrique et des variations qu'elle subit sous l'influence de la culture mixte. Ces recherches devaient être complétées par une étude de l'influence de la fermentation butyrique sur le chimisme des autres microbes et par une étude morphologique des microbes en culture mixte; les circonstances nous ayant empêché de conduire nos recherches d'après ce programme, nous nous permettons de publier les résultats concernant la détermination des acides volatils.

Nous avons adopté la technique suivante dans nos recherches : les cultures ont été faites dans des ballons à long col de 150 centimètres cubes. Après avoir versé dans ces ballons la solution nutritive, on ajoute aseptiquement de l'eau distillée stérilisée, dans le haut du col du ballon, de manière à obtenir les conditions de vie anaérobie ; avant l'ensemencement, on chauffe les ballons à l'autoclave ouvert pour chasser l'air, on ensemence après avoir laissé refroidir les ballons à 35°-40°. Nous nous sommes servi, pour l'ensemencement, de cultures jeunes (18 à 24 heures) de chaque microbe en gélose sucrée.

Nous avons employé principalement les milieux suivants :

MILIEU A (1)

Petit lait	1 l.
Glucose.	15 gr.
Peptone Chapoteaut. . . .	10 gr.
Gélatine	3 gr.

MILIEU B

Solution nutritive minérale de Grimbert (2). .	1 l.
Peptone Chapoteaut.	2gr,5
Glucose	20 gr.

MILIEU C

Milieu B auquel on ajoute 7gr,5 de peptone.

MILIEU D

Milieu B auquel on ajoute 12gr,5 de peptone.

Les cultures ont été en partie additionnées de carbonate de chaux (3 p. 100).

La première question qui se pose dans l'étude du chimisme d'un microbe est de savoir si les transformations chimiques observées représentent un caractère général de l'espèce, si elles peuvent servir à caractériser l'espèce microbienne donnée; nous nous sommes donc posé cette question en ayant en vue la production des acides volatils par les microbes indiqués plus haut; ce problème est d'autant plus intéressant que le bactériologiste a à sa disposition, pour la détermination de ces acides, la méthode si simple et si pratique de Duclaux (3).

Nous avons déjà donné ailleurs (4) les proportions dans lesquelles se rencontrent les acides volatils dans les produits de fermentation des microbes en question lorsqu'on les cultive dans le milieu A avec ou sans CO^3Ca.

Pour les autres milieux, nous avons obtenu les rapports suivants (cf. Méthode de Duclaux) :

MILIEU B (avec CO^3Ca)

Bac. butyricus...	14,8	27,1	39,5	50,3	60,2	68,4	79,7	83,9	91,1	100
	15,5	28,2	40,0	51,2	61,6	70,1	78,0	84,4	92,1	100

(1) Cohendy. (*C. R. Soc. Biol.* t. LVIII, p. 559).
(2) *Ann. de l'Instit. Pasteur*, t. VII, 1893, p. 359.
(3) Duclaux. Traité de Microbiologie, t. III, p. 384.
(4) *C. R. Ac. Sc.* 1910. Séance du 17 mai.

MILIEU C (avec CO^3Ca)

Bac. butyricus...	12,9	22,8	35,6	46,7	56,0	65,4	74,0	84,5	91,0	100
	13,5	24,7	35,3	45,5	54,8	64,3	72,4	81,0	89,9	100
Bac. perfringens..	7,7	15,0	22,4	30,5	38,5	47,4	56,6	67,6	80,1	100
	6,4	12,9	20,5	27,2	35,2	44,6	55,3	67,7	80,2	100

MILIEU D (sans CO^3Ca)

Bac. butyricus...	8,7	17,9	26,6	35,7	45,0	56,6	65,4	75,4	85,8	100
	7,8	14,6	24,4	33,1	44,3	52,1	61,4	74,1	83,8	100
Bac. perfringens..	13,1	20,7	29,3	35,8	41,4	50,9	60,3	68,8	81,1	100
Bac. putrificus....	9,9	18,3	27,2	35,0	42,9	51,3	60,7	71,2	82,7	100

Ces rapports, de même que les rapports que nous avons publiés antérieurement (1) montrent que si les conditions de culture restent les mêmes, la nature des acides formés ne change pas sensiblement pour la même espèce.

En ce qui concerne la nature des acides que nous avons trouvés dans les produits de fermentation, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

Le *B. butyricus* produit les acides butyrique et acétique ;

Le *B. perfringens*, les acides acétique et formique ; dans quelques cultures, on a constaté la présence de l'acide propionique.

En ce qui concerne la détermination du rapport entre les divers acides obtenus par comparaison avec des rapports calculés d'après les chiffres de Duclaux, nous renvoyons le lecteur à la note citée plus haut.

Pour le *B. putrificus*, il est difficile de préciser la nature des acides volatils ; une odeur spécifique signale la présence d'un acide gras supérieur, mais, comme pour les deux autres microbes, les rapports trouvés présentent encore le caractère essentiel du microorganisme.

Avant de tirer des conclusions générales, il est intéressant de signaler quelques particularités concernant le *Bac. perfringens*.

Nous avons vu que ce Bacille ne forme pas d'acide butyrique lorsqu'on le cultive en milieu A ou en milieu C ; on obtient d'autres résultats dans les cas où on le cultive dans le lait ou dans un milieu contenant des sels minéraux, du glucose et de la caséine.

La culture dans le lait (culture de 6 jours) a donné les rapports suivants :

11,6 23,0 33,8 44,0 55,7 63,0 71,7 80,8 90,1 100

(1) Cf. *C. R. Ac. Sc.* 1910. Séance du 17 mai.

Le milieu sucré à caséine a donné les résultats suivants :

Culture de treize jours

12,0 22,5 37,8 42,5 52,2 61,1 70,7 79,7 88,6 100

Culture de vingt-quatre jours

11,1 23,1 33,0 42,5 51,7 60,1 68,6 77,6 87,0 100

Dans les deux cas (lait et milieu à caséine) il y avait une odeur manifeste d'acide butyrique.

MM. Schattenfroh et Grassberger ont déjà signalé en partie cette particularité dans leur étude sur le Bacille butyrique immobile (1) qui est probablement identique au *B. perfringens;* ces auteurs disent notamment : « Le fait que notre Bacille produit toujours des quantités considérables d'acide butyrique dans le lait doit être considéré comme caractéristique de la culture dans le lait, mais n'est pas spécifique du milieu à lactose. Dans le bouillon lactosé, de même que dans des solutions nutritives simples peptonées et lactosées, il se forme, selon nos expériences, des quantités considérablement plus petites d'acide butyrique » (p. 89).

Tout en signalant ce fait, les auteurs cités disent que les acides produits ne peuvent se former ni aux dépens du beurre du lait, ni aux dépens de matières albuminoïdes ; en ce qui concerne ces dernières matières, les auteurs s'expriment de la manière suivante : « Il ne peut pas s'agir d'une formation de l'acide butyrique aux dépens de matières albuminoïdes du lait, car il manque dans le lait fermenté tous les produits qui sont considérés habituellement comme indicateurs de la décomposition des matières albuminoïdes » (p. 87-88).

MM. Tissier et Martelly (2), au sujet de l'action du *B. perfringens* sur le lait, s'expriment comme il suit : « Le *perfringens* transforme la caséine et la brûle. Du lait de vache ensemencé se coagule en 24 heures par le fait de l'action sur le lactose. On trouve, à côté des acides produits, des caséoses, des amines, etc, en petite quantité. » (p. 893).

Sans vouloir approfondir ici le problème du rôle que la caséine joue dans le phénomène qui nous intéresse, nous pouvons constater

(1) Ueber Buttersäuregärung. *(Archiv. f. Hygiène*, t. 37, 1900).

(2) Recherches sur la putréfaction de la viande de boucherie. *(Ann. de l'Instit. Pasteur*, v. 1902, t. 16, p. 865).

que l'addition de la caséine au milieu sucré suffit pour faire apparaître l'acide butyrique dans les cultures du *B. perfringens*.

Ce fait, de même que la constatation suivant laquelle la quantité d'acide butyrique diminue dans les cultures du Bacille butyrique non additionné de CO^3 Ca (1) sont d'un intérêt particulier pour nous, parce qu'ils montrent que pour pouvoir différencier les diverses Bactéries, il faut les cultiver dans des milieux appropriés, les produits élaborés sous l'influence des conditions spéciales pouvant influencer diversement les résultats.

Si l'on tient compte de cette considération, il n'y a rien d'étonnant que nos résultats ne concordent pas avec ceux de M. Achalme (2). Cet auteur, qui a déterminé les acides volatils dans les produits de fermentation de différents microbes anaérobies, a constaté que « sauf quelques insignifiantes différences de proportion, les produits de fermentation se sont montrés les mêmes, quels que soient l'hydrate de carbone et le microbe étudiés » (p. 654); mais il faut faire remarquer que M. Achalme a cultivé des microbes dans un milieu contenant de l'albumine d'œuf.

En ce qui concerne spécialement le *B. butyricus*, il est intéressant de signaler que nous avons obtenu dans un grand nombre d'expériences des chiffres (rapports d'après la méthode de Duclaux) toujours concordants; il est aussi intéressant que, pour la fermentation butyrique, nos chiffres soient comparables à ceux obtenus par Duclaux (3), Perdrix (4) et Grimbert (5).

Rapports trouvés par Duclaux pour une fermentation butyrique d'empois d'amidon :

13,2 26,0 37,6 48,6 58,6 67,7 76,3 84,0 91,8 100

Rapports trouvés par Perdrix pour la fermentation provoquée par le Bacille amylozyme :

15,2 28,6 40,8 52,1 62,4 71,5 79,6 86,9 93,5 100

(1) Cf. *C. R. Ac. Sc.* 17 mai 1910, p. 1268 et aussi les rapports de Duclaux que nous citons plus bas ; voir aussi Grimbert.

(2) Recherches sur quelques bacilles anaérobies et leur différenciation. (*Ann. de l'Instit. Pasteur*. 1902, t. 16, page 633).

(3) Nouveau moyen d'éprouver la pureté des corps volatils. (*Annales de chimie et de Physique*, 6e Sér. t. 8, 1886, p. 551).

(4) Etude du Bacille amylozyme. (*Ann. de l'Institut Pasteur*, 1891, t. 5, p. 297).

(5) Fermentation anaérobie produite par le *Bacillus orthobutyricus* et ses variations. (*Ann. de l'Instit. Pasteur*, t. 7, 1893. (p. 365).

Rapports trouvés par Grimbert pour la fermentation provoquée par le Bacillus orthobutyricus :

14,5	28,1	40,5	51,7	62,0	71,2	79,5	86,9	93,6	100

Rapports que nous avons constatés pour la fermentation provoquée par le Bacille butyrique dans le milieu B additionné de $CO^3 Ca$:

15,5	28,2	40,0	51,2	61,6	70,1	78,0	83,6	92,1	100

En exposant ci-dessus les résultats d'une partie de nos expériences, nous n'avons parlé que des rapports obtenus dans la détermination des acides volatils d'après la méthode de Duclaux ; dans l'exposé des résultats obtenus dans les expériences sur les cultures mixtes, nous nous intéresserons aussi, au point de vue quantitatif, à l'acidité produite au cours de la fermentation.

Nous résumons, dans les tableaux ci-dessous, les résultats d'une partie de nos expériences, en donnant des valeurs d'acides formés dans des cultures pures et dans des cultures mixtes. La quantité d'acide mesurée dans chaque analyse est exprimée par le nombre de centimètres cubes d'eau de chaux employés pour la neutralisation de 100^{cm^3} distillés pour la détermination des acides d'après la méthode de Duclaux ; 21^{cm^3} de cette eau de chaux correspondent à 10^{cm^3} de $SO^4 H^2 \frac{N}{10}$; il faut ajouter que la détermination des acides volatils a été faite sur le quart des volumes des cultures.

SÉRIE I. CULTURES EN MILIEU B AVEC $CO^3 Ca$

a) Durée de fermentation : 7 jours.

Bac. butyricus (4 cultures pures)	56,2	58,7	56,1	58,6
Bac. butyr. + *Bac. perfringens* (4 cultures)..	54,8	55,4	64,9	72,8
Bac. butyr. + *Bac. putrificus* (4 cultures) ...	55,3	61,9	64,4	71,8

b) Durée de fermentation : 14 jours.

Bac. butyricus (4 cultures pures)	66,4	67,4	66,8	69,0
Bac. butyr. + *Bac. perfringens* (4 cultures).	60,9	65,5	67,2	66,1
Bac. butyr. + *Bac. putrificus* (4 cultures)...	66,2	67,0	68,9	69,0

SÉRIE II. CULTURE EN MILIEU C AVEC $CO^3 Ca$

a) Durée de fermentation : 7 jours.

Bac. butyricus (4 cultures pures)	55,8	55,8	57,8	53,8
Bac. butyr. + *Bac. perfringens* (3 cultures).	59,9	66,1	67,9	»
Bac. butyr. + *Bac. putrificus* (3 cultures)...	42,5	47,3	47,5	»

b) Durée de fermentation : 14 jours.

Bac. butyricus (4 cultures pures)	64,1	62,5	63,8	66,6
Bac. butyr. + *Bac. perfringens* (4 cultures).	58,0	60,4	63,3	65,7
Bac. butyr. + *Bac. putrificus* (4 cultures)....	51,9	52,3	53,1	54,5

SÉRIE III. CULTURES EN MILIEU D SANS CO^3 Ca

Durée de la fermentation : 10 jours.

Bac. butyricus (3 cultures pures).........	24,0	22,1	20,5
Bac. perfringens (2 cultures pures).......	10,6	10,8	»
Bac. putrificus (1 culture pure)..........	19,1	»	»
Bac. butyr. + *Bac. perfr.* (3 cultures).....	13,7	11,4	18,3
Bac. butyr. + *Bac. putrificus* (3 cultures).	21,5	24,8	14,0

En comparant les chiffres d'acidité obtenus avec les cultures mixtes (cultures de 7 jours) aux chiffres obtenus avec les cultures du *B. butyrique* pur (7 jours), on constate que dans un grand nombre de cas, la quantité d'acides volatils a augmenté dans les cultures mixtes ; cette constatation se rapporte aux cas où l'autre microorganisme ne gêne pas le développement du Bacille butyrique. Au contraire, dans le cas où l'autre microbe avec lequel le B. butyrique est cultivé en culture mixte, gêne le développement du Bacille butyrique, comme c'est le cas pour la culture mixte avec le *B. putrificus* dans la série II, l'acidité diminue.

Dans les cultures de 15 jours, les cultures mixtes ne présentent pas d'augmentation d'acidité (dans certains cas, les cultures pures présentent même une acidité plus grande).

Dans le milieu D, qui contenait plus de peptone que les autres milieux, le développement du Bacille butyrique a été gêné par le *B. perfringens* de même que par le *B. putrificus* (1).

Il est intéressant de comparer les cultures mixtes avec les cultures pures, non seulement au point de vue de l'acidité que l'on obtient, mais aussi au point de vue des rapports que l'on constate en déterminant les acides d'après la méthode de Duclaux.

Dans le tableau ci-dessous, nous voulons donner ces rapports pour chacune des séries d'expériences citées plus haut ; nous prenons pour chaque groupe deux séries de rapports, une présentant les chiffres les plus élevés, l'autre, les chiffres les moins élevés que nous avons obtenus pour ce groupe.

(1) Il faut faire remarquer que, dans cette série, les cultures mixtes ne présentent pas l'odeur caractéristique du bacille butyrique ; il en est de même pour les cultures mixtes avec le *B. putrificus* de la série II, ces cultures dégagent l'odeur caractéristique du *B. putrificus*.

SÉRIE I. CULTURES EN MILIEU B AVEC CO^3Ca

Durée de fermentation : 7 jours.

Bac. butyricus	15,5	28,2	40,0	51,2	61,6	70,1	78,0	83,6	92,1	100
	14,8	27,1	39,5	50,3	60,2	68,4	76,3	83,9	91,1	100
Bac. butyr. + B. perfr.	14,9	28,0	40,6	50,3	61,1	69,1	76,8	84,5	91,9	100
	13,6	25,3	36,4	46,5	56,2	65,5	74,2	82,6	90,4	100
Bac. butyr. + B. putrif.	15,0	27,5	40,0	50,7	60,5	68,9	75,2	84,3	91,5	100
	13,3	25,4	36,5	47,1	56,2	65,0	72,6	81,1	89,3	100

SÉRIE II. CULTURES EN MILIEU C AVEC CO^3Ca

Durée de fermentation : 7 jours.

Bac. butyricus	13,5	24,7	35,3	45,5	54,8	64,3	72,4	81,0	89,9	100
	12,1	23,5	34,3	44,6	53.8	62,9	73,5	80,1	89,7	100
Bac. butyr. + B. perfr.	14,4	27,8	38,9	49,3	58,9	67,9	75,9	83,6	91,0	100
	12,9	25,4	36,8	47,4	56,9	65,8	74,2	82,1	90,3	100
Bac. butyr. + B. putrif.	11,7	23,5	34,0	43,0	53,6	62,8	71,7	80.4	88,7	100
	11,4	22,2	32,7	41,0	50,7	59,8	68,4	78,4	87,1	100

SÉRIE III. CULTURES EN MILIEU D

Bac. butyr.	8,5	16,7	24,4	33,0	42,9	53,3	63,8	74,2	85,9	100
Bac. butyr. + B. perfr.	7,2	19,7	27,0	33,8	42,3	54,7	63,4	72,2	81,7	100
Bac. butyr. + B. putrif.	8,3	19,5	27,9	33,9	44,6	53,4	61,8	72,5	84,1	100

Les rapports pour les cultures des séries I et II, à durée de fermentation de 14 jours, présentent des analogies avec les rapports correspondants cités dans le tableau ci-dessus.

Les expériences avec des cultures en milieu A (1) additionné de CO^3Ca (2) nous ont donné dans un certain nombre de cas, des résultats analogues à ceux des séries I et II. De nombreuses expériences avec des cultures en milieu A non additionnées de CO^3Ca, on ne peut tirer aucune conclusion ; nous pouvons seulement affirmer que nous n'avons pas constaté dans ce cas d'augmentation notable d'acidité ; l'acidité des cultures mixtes est parfois un peu supérieure, parfois inférieure à l'acidité des cultures pures.

L'examen des rapports cités ci-dessus nous conduit aux conclusions suivantes :

Dans la série I, les cultures pures et les cultures mixtes contiennent la même quantité d'acide butyrique.

Dans la série II, les cultures mixtes *(butyr. + perfr.)* contiennent

(1) Nous avons cultivé le *B. butyricus* dans ce milieu aussi en culture mixte avec le *B. sporogenes* et le Bacille bulgare.

(2) Cf. *C. R. Ac. Sc.*, 1910, 6 juin; nous avons donné daus cette Note des chiffres se rapportant aux cultures en milieu A.

plus d'acide butyrique, les cultures mixtes, *(butyr — putrif.)* moins d'acide butyrique que les cultures pures.

Dans la série III, dans laquelle les *B. perfringens* et *putrificus* gênent le développement du B. butyrique, la quantité d'acide butyrique a probablement sensiblement diminué ; la différence entre les cultures mixtes et les cultures pures ne se dégage pas bien de la comparaison de ces rapports, parce que les produits de fermentation des *Bacillus putrificus* et *perfringens* contiennent, dans ces conditions, à côté d'acides inférieurs, des acides volatils supérieurs, et leurs rapports ne se distinguent pas notablement des rapports du Bacille butyrique cultivé en milieu peptoné et glucosé sans addition de CO^3Ca.

Nous avons vu plus haut que si l'on compare des cultures âgées de 7 jours, on constate que les cultures mixtes dans lesquelles le B. butyrique arrête le développement des *B. perfringens* et *putrificus*, offrent souvent une augmentation de la quantité d'acides volatils dans leurs produits de fermentation. Cette augmentation peut être causée par un accroissement de la fonction fermentative du Bacille butyrique cultivé en culture mixte. Il est possible aussi que les autres microorganismes donnent eux-mêmes, au début de leur développement, une petite quantité d'acides volatils ; dans ce cas, la mesure des rapports de Duclaux devrait donner pour les cultures mixtes des chiffres inférieurs à ceux du Bacille butyrique pur (1).

Or, dans nos essais de culture mixte, ces chiffres sont le plus souvent supérieurs ou égaux aux chiffres obtenus avec les cultures butyriques pures. C'est pourquoi on est en droit de conclure que le Bacille butyrique produit en culture mixte une acidité totale plus élevée, ou bien qu'il produit de l'acide butyrique en plus grande quantité.

En ce qui concerne les cultures mixtes à durée de fermentation de 14 jours, qui ne représentent pas d'augmentation d'acidité par rapport aux cultures pures, on peut aussi, pour les mêmes raisons, en se basant sur la comparaison des rapports de Duclaux, supposer que le Bacille butyrique produit en culture mixte de l'acide butyrique en plus grande quantité.

En terminant, nous devons ajouter que nous n'avons travaillé

(1) Cf. plus haut et aussi *C. R. Ac. Sc.* du 17 mai 1910, p. 1268.

qu'avec un échantillon de chaque espèce; les expériences que nous avons faites ne sont pas non plus aussi nombreuses que nous l'aurions désiré ; c'est pourquoi nous n'avons pas la prétention d'apporter une solution définitive aux problèmes que nous nous sommes proposé de résoudre dans les pages ci-dessus ; nous croyons cependant qu'il se dégage de notre travail que ces problèmes peuvent avoir un intérêt au point de vue théorique et, peut-être aussi, au point de vue pratique.

Ces études ont été faites pendant l'année 1909-1910 à l'Institut Pasteur, dans le laboratoire du regretté M. Étard auquel je garde une vive reconnaissance pour le bienveillant accueil qu'il m'a toujours réservé.

TEMPÉRATURE MORTELLE
POUR QUELQUES DIASTASES
D'ORIGINE ANIMALE ET VÉGÉTALE

par M. Em. C. TÉODORESCO

Professeur à l'Université de Bucarest.

On sait depuis longtemps que les diastases, en solution aqueuse sont assez sensibles aux températures élevées ; pour un certain nombre, la température maxima critique est 50° ; en tout cas à 70° la plupart des ferments sont détruits. Il n'y a que la papaïne (1) quelques ferments oxydants, telles que la tyrosinase (2) et la nucléase (3), qui résistent aux températures relativement hautes, assez rapprochées de la température de l'ébullition de l'eau ; mais d'après ce qu'on sait jusqu'à présent, cette température détruit définitivement presque toutes les diastases connues. Cependant, d'après les recherches de Gorini (4) et Hata (5) les solutions du ferment coagulant du *Bacillus prodigiosus* et du *Bacillus fluorescens liquefaciens*, chauffées à 100 degrés, voient diminuer leurs activités présurantes, sans que ces dernières soient détruites totalement.

(1) F. Sachs : Ueber die Verdauung vom rohem Hühnereiweis durch Papaïn (*Zeitschr. f. physiol. Chem.*, t. 51. p. 488, 1907).

(2) G. Bertrand : (*Bull. Soc. chimique*, 3e série, t. 15, p. 1218, 1896) ; G. Bertrand et W. Muttermilch : Sur la tyrosinase du son de froment (*Bull. Soc. chimique*, 4e série, t. 1, p. 83, 1907).

(3) E. C. Téodoresco : Influence de la température sur la nucléase (*C. R. de l'Ac. des Sciences*, t. 155, p. 554, 1912).

(4) Voir : Fuhrmann : *Vorlesungen ueber Bakterienenzyme*, p. 71, 1907.

(5) Cité par Fuhrmann, *ibid.*

Il n'en est pas de même des diastases desséchées dont certaines peuvent supporter des températures supérieures à 100 degrés, sans perdre leurs propriétés enzymatiques. D'ailleurs cela était à prévoir ; en effet, c'est un fait connu que beaucoup de graines bien desséchées peuvent résister pendant une heure à des températures comprises entre 100° et 125° (1) ; puisque ces graines peuvent encore germer après avoir été chauffées entre les températures mentionnées, il s'en suit que leurs diastases n'ont pas perdu leur activité. Mais il paraît que ces substances supportent même des températures qui sont mortelles pour les graines ; c'est ainsi que White (2) chauffant des graines desséchées de certaines plantes, pendant quelques heures à 100°, a constaté qu'elles ne germent plus, tandis que l'activité des diastases contenues dans ces graines n'a pas été détruite ; ce n'est qu'en chauffant ces graines desséchées à 130°, que l'amylase et l'érepsine deviennent inactives. Il n'y a donc pas de relation obligatoire entre l'activité d'un ferment et le pouvoir germinatif d'une graine. Ce manque de relation entre les propriétés des diastases et la vitalité des graines résulte également des constatations de Brocq-Rousseu et Gain (3), ainsi que de celles de P. Becquerel (4). Les premiers auteurs ont trouvé que les peroxydases des graines de deux siècles étaient encore actives, tandis qu'on ne connaît pas (5) de cas authentiques de graines ayant plus de 87 ans, qui aient pu germer.

Camus et Gley (6) ont constaté que la présure animale, si elle a été préalablement desséchée, peut être impunément portée aux températures de 130° et 140° ; redissoute elle conserve toute son activité.

(1) Voir surtout : L. Just. Ueber die Einwirkung hoherer Temperaturen auf die Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen *(Beitr. z. Biol. d. Pflanzen*, Bd. II, p. 311 1877) ; von Höhnel, Welche Wärmegrade trockene Samen ertragen *(Untersuch. a. d. Gebiete d. Pflanzenbaues herausg. von Haberlandt*, Bd. II, p. 77) ; H. Dixon, Vitality of Seeds *(Nature* de Londres, t. 64, p. 256, 1901).

(2) White : Ferments and latent life of resting seeds *(Proc. roy. Soc. London*, t, 81, B, 550, p. 417-442, 1909).

(3) Brocq-Rousseu et Gain : Sur la durée des peroxydases des graines *(C. R. de l'Ac. des Sciences*, t. 146, p. 545, 1908).

(4) P. Becquerel : Recherches sur la vie latente des graines, *Thèse de Paris*, 1907.

(5) P. Becquerel : l. c. p. 231 et suiv.

(6) Camus et Gley : Persistance d'activité de la présure à des températures basses ou élevées *(C. R. de l'Ac. des Sciences*, t. 125, p. 256, 1897).

Hüfner (1), Schmidt (2) et Harlay (3) ont montré qu'un chauffage de plusieurs heures à 100°, n'affaiblit pas l'activité des ferments du pancréas.

Le ferment protéolytique du *Vibrio Finkler-Prior* ne diminue pas d'une manière appréciable ses propriétés, lorsqu'on le chauffe pendant dix minutes à 140° (4).

D'après Choay (5) les trois diastases pancréatiques (la stéapsine, l'amylopsine et la trypsine) sont paralysées à la température de 120°.

La température mortelle de la trombase desséchée serait, d'après Rettger (6), 135°.

La gaulthérase ne perd toute activité diastasique que vers 130° (7).

D'autre part j'ai montré dernièrement (8) que les nucléases desséchées, d'origine végétale, sont encore plus résistantes aux températures élevées ; la température mortelle pour ces diatases varie, suivant l'espèce considérée, entre 145° et 162°. Ce voyant, je me suis proposé d'examiner la manière dont se comportent d'autres diastases desséchées, lorsqu'on les soumet à un chauffage progressif.

Mes expériences ont porté soit sur des tissus desséchés et pulvérisés, c'est à-dire sans en extraire les ferments, soit sur des ferments extraits et par conséquent relativement purifiés. Les matériaux ont été d'abord desséchés aussi rapidement que possible ; ceci avait lieu parfois à l'air libre et à l'abri de la lumière, mais le plus souvent dans une espèce de séchoir spécial, chauffé électriquement entre 25° et 30° et pourvu d'un fort ventilateur. A l'aide de ce dernier système on peut obtenir un dessèchement presque complet d'un tissu en huit heures, résultat qu'on n'obtient habituellement à l'air libre qu'au bout

(1) Hüfner : (*J. f. prakt. Chemie,* Bd. V, p. 372, 1872).

(2) Schmidt : (*Centralbl. f. d. med. Wissensch.*, N° 29, 1876).

(3) Harlay : De l'application de la tyrosinase à l'étude des ferments protéolytiques, (*Thèse de pharmacie, Paris* 1900, p. 63).

(4) Fuhrmann, l. c. p. 45.

(5) E. Choay : (*Journ. de Pharm. et de Chimie,* 7e série, t. 1, p. 10, 1910).

(6) Rettger : (*Amer. Journ. of Physiology,* vol. 24, p. 414, 1910).

(7) E. Zunz : Fermente (*Abderhalden Biochemisches Handlex.,* V, p. 570).

(8) E. C. Téodoresco : Action des températures élevées sur les nucléases desséchées d'origines végétales (*C. R. de l'Ac. des Sciences,* t. 156, p. 1081, 1913).

de huit jours. Le tissu est ensuite finement pulvérisé et la dessiccation est continuée, pendant quelques jours, dans le vide.

Le chauffage des diastases était effectué de la manière suivante. Les matériaux étaient introduits dans un vase en verre mince, de capacité convenable; au milieu des matériaux plonge un thermomètre dont l'extrémité inférieure est pourvue d'ailettes en carton ; en tournant le thermomètre on remue et on mélange continuellement le matériel qu'on veut chauffer. Ce vase est placé dans une étuve à air chaud, en fonte, qu'on chauffe graduellement jusqu'au moment où le thermomètre, plongé dans la substance, indique la température voulue; on maintient constante cette température, autant que possible, pendant une demi-heure. Pour permettre l'élimination rapide de l'eau que pourrait encore contenir le matériel sur lequel porte l'expérience, il est convenable que le vase dans lequel se trouve la substance à chauffer soit largement ouvert, de même que la cheminée de l'étuve. Le dessèchement complet de la substance est une condition essentielle pour obtenir de bons résultats.

Il va de soi que les résultats auxquels je suis arrivé ne sont valables qu'en employant des matériaux préparés de la manière indiquée dans le présent Mémoire. En effet, comme on le verra, avec le même ferment, provenant d'une même espèce animale ou végétale, on peut ne pas arriver aux mêmes résultats ; cela dépend de la méthode d'extraction et de purification des diastases. Une diastase chauffée à telle température peut encore rester en grande partie inaltérée si elle a été préparée d'après une certaine méthode; préparée d'une autre façon, elle peut perdre complètement son activité quoiqu'on l'ait chauffée à la même température ou même à une température plus basse. Ce qui fait varier dans ce cas les propriétés du ferment, ce sont les conditions du milieu, c'est-à-dire la nature des substances étrangères qui se trouvent mélangées au ferment.

Mes expériences ont porté sur les diastases suivantes : *invertase*, *émulsine*, *amylase*, *nucléase*, *présures*, *papaïne*, *oxydases*, *peroxydases*.

I. — Invertase.

J'ai utilisé comme matériel de mes expériences l'invertase de la Levure de bière, soit extraite des cellules (préparée par Grübler), soit de la Levure de bière desséchée d'après la méthode de Lebedeff.

Expérience I. — 100 centimètres cubes d'une solution de saccharose à 2 °/₀ sont mélangés avec 20 grammes de poudre de Levure de bière bien desséchée dans le vide; dans l'essai A la poudre a été bouillie dans de l'eau distillée; dans l'essai B cette poudre a été employée telle quelle, c'est-à-dire non chauffée; dans les autres essais C, D et E, le ferment a été préalablement chauffé aux températures indiquées ci-dessous. Les mélanges sont laissés pendant six jours (24 novembre — 1er décembre) dans un endroit frais, à la température moyenne de + 2°. Au bout de ce temps, les liqueurs filtrées ont donné avec la liqueur de Fehling les résultats suivants.

A. Matériel non chauffé, mais bouilli....... aucune réduction.
B. Matériel non chauffé.......................... précipité très abondant d'oxyde de cuivre.
C. Matériel chauffé à 133°,5.................... précipité abondant d'oxyde de cuivre.
D. Matériel chauffé à 153°........................ précipité assez abondant d'oxyde de cuivre.
E. Matériel chauffé à 166°........................ aucune réduction.

Expérience II. — L'invertase (prise chez Grübler) dont je me suis servi dans cette expérience contenait de la gomme de levure, qui, comme on le sait, précipite avec la liqueur de Fehling en masses de couleur bleue; cette gomme se transforme dans ce cas en combinaison cuprique, mais ne réduit pas la liqueur de Fehling. Le flacon témoin A ne contenait que 100 centimètres cubes d'une solution de saccharose à 5 °/₀, sans invertase; les autres flacons B, C, D et E contenaient chacun:

eau distillée.......... 100cc.
saccharose.............. 5 grammes.
invertase............... 3 gr., chauffés aux températures ci-dessous.
fluorure de sodium... 0 gr. 8.

Les mélanges sont abandonnés pendant vingt-quatre heures à 35°. Au bout de ce temps on commence à doser le sucre interverti contenu dans un centimètre cube de liqueur et on obtient les chiffres suivants:

A. Saccharose sans invertase.......................... 0 mg.
B. Saccharose avec invertase non chauffée........ 49 mg.
C. Saccharose avec invertase chauffée à 151°..... 33 mg.
D. Saccharose avec invertase chauffée à 160°..... 26 mg.
E. Saccharose avec invertase chauffée à 166°..... 0 mg.

Expérience III. — En raison de la grande lenteur avec laquelle se produit l'inversion sous l'action de l'invertase et pour m'assurer si effectivement à la température de 166° la diastase est complètement détruite, comme semble le montrer l'expérience précédente, j'ai répété les essais à cette dernière température, mais en prolongeant la durée de l'expérience. L'essai A contient seulement une solution de saccharose; dans l'essai B, à la solution de saccharose on avait ajouté de l'invertase préalablement chauffée à 166°, puis on avait bouilli le mélange; enfin, dans l'essai C, on a fait agir de l'invertase chauffée à 166° sur une solution de saccharose, mais sans avoir bouilli le mélange. Dans tous les flacons, on a ajouté 0,8 °/₀ de fluorure de sodium comme antiseptique. En cherchant de temps en temps, avec la liqueur de Fehling, le sucre réducteur produit dans les trois mélanges, on a trouvé les résultats suivants.

	Après 3 heures.	Après 16 heures.	Après 40 heures.
A.....	aucune réduction	aucune réduction	aucune réduction
B.....	aucune réduction	aucune réduction	aucune réduction
C.....	aucune réduction	faible réduction	réduct. prononc.

En résumé, on peut donc dire que l'invertase desséchée de la Levure de bière chauffée pendant une demi-heure à 166°, affaiblit considérablement son pouvoir inversif, mais ne le détruit pas complètement.

II. — Émulsine.

Expérience I. — Je me suis servi dans cette expérience d'une émulsine d'amandes amères, prise chez Schuchardt, et préparée il y a 16 ans. Dans les trois essais A, B et C on a fait agir 1 centimètre cube d'une solution à 10 °/₀ d'émulsine, chauffée comme je l'indique cidessous, sur 1 centimètre cube d'une solution concentrée d'amygdaline.

A. Émulsine non chauffée : l'odeur caractéristique d'amandes amères apparaît au bout de 3 à 5 minutes.

B. Émulsine chauffée à 132° : l'odeur caractéristique d'amandes amères apparaît après 25 à 30 minutes.

C. Émulsine chauffée à 150° : l'odeur caractéristique d'amandes amères apparaît au bout de 40 à 50 minutes.

Si, avec les matériaux préalablement chauffés à 132° et à 150° on fait des solutions, qu'on chauffe jusqu'à l'ébullition, on n'obtient plus

l'hydrolyse de l'amygdaline. Donc la température mortelle pour l'émulsine est supérieure à 150°.

Expérience II. — Émulsine d'amandes amères fraîchement préparée (prise chez Merck). On fait agir 2 grammes d'émulsine, chauffée aux températures indiquées ci-dessous, sur 3 grammes d'amygdaline dans 100 c.c. d'eau. Au bout de deux heures on dose par la méthode de Vielhabert, dans 10 c.c. de liqueur filtrée, l'acide cyanhydrique produit, et par la méthode de Bertrand le sucre réducteur. On obtient les résultats suivants :

A. — Émulsine non chauffée.
B. — Émulsine chauffée à 132°.
C. — Émulsine chauffée à 152°.
D. — Émulsine chauffée à 161°.

	Acide cyanhydrique	Avec la liqueur de Fehling	Sucre réducteur
A.......	13^{mg},70	réduction intense	167^{mg},5
B.......	14^{mg},04	réduction intense	180^{mg},0
C.......	4^{mg},59	réduction faible	84^{mg},0
D.......	1^{mg},35	aucune réduction	0^{mg},0

Expérience III. — Émulsine de Merck, même produit que dans l'expérience précédente.

A. Matériel chauffé à 160° : 20^{cc} émulsine 2°/₀ + 0^{gr},5 amygdaline.
B. Matériel chauffé à 168° : 20^{cc} émulsine 2°/₀ + 0^{gr},5 amygdaline.

Après 2 heures de séjour à 35°:

A. } Pas d'odeur caractéristique d'amandes amères; réaction néga-
B. } tive avec KOH + acide picrique.

Après 4 heures de séjour à 35°:

A. Odeur très caractéristique d'acide cyanhydrique, mais avec KOH + acide picrique et avec KOH + SO_4Fe + Fe_2Cl_6 + H Cl, réactions négatives.

B. Pas d'odeur caractéristique d'acide cyanhydrique; réactions négatives aussi bien avec KOH + acide picrique, qu'avec KOH + SO_4 Fe + Fe_2Cl_6 + HCl.

Après 20 heures de séjour à 35° :

A. Odeur très nette et très caractéristique d'amandes amères ; avec KOH + acide picrique, couleur rouge orangée, qui plus tard devient rouge intense ; avec KOH + SO_4 Fe + Fe_2Cl_6 + HCl, coloration très nette de bleu de Prusse.

B. Pas d'odeur d'amandes amères ; réactions négatives avec les réactifs précédents.

Expérience IV. — Émulsine de Merck, même produit que dans les deux expériences précédentes.

A, contient seulement une solution à 3 °/₀ d'amygdaline.

B, contient une solution d'amygdaline à 3 °/₀ + émulsine à 4 °/₀ chauffée à 153°, 5.

B_1, contient le même mélange que B, mais la solution d'émulsine a été préalablement bouillie.

C, contient une solution d'amygdaline à 3 °/₀ + émulsine à 4 °/₀ chauffée à 160°, 2.

C_1, contient le même mélange que C, mais la solution d'émulsine a été préalablement bouillie.

D, contient une solution d'amygdaline à 3 °/₀ + émulsine à 4 °/₀ chauffée à 165°.

D_1, contient le même mélange que D, mais la solution d'émulsine a été préalablement bouillie.

Après avoir ajouté à tous ces mélanges 0,8 °/₀ de fluorure de sodium, on les a placés à l'étuve à 35°. Voici les résultats obtenus :

A. On n'a constaté aucune transformation dans la solution.

B. Après 15 minutes, odeur très caractéristique d'essence d'amandes amères. Après 1 heure 25 minutes, avec KOH + acide picrique, coloration rouge intense indiquant la présence d'acide cyanhydrique ; avec KOH + $SO_4Fe + Fe_2Cl_6$ + HCl, précipité de bleu de Prusse, mais en faible quantité. Après 16 heures, la liqueur donne avec KOH + acide picrique une couleur rouge très intense ; avec KOH + $SO_4Fe + Fe_2Cl_6$ + HCl, précipité abondant de bleu de Prusse ; avec la liqueur de Fehling, réduction nette, mais faible.

B_1. Aucune des réactions précédentes ; pas d'odeur d'amandes amères.

C. Après 30 minutes, aucune odeur d'essence d'amandes amères. Après 2 heures, odeur très nette. Après 6 heures, couleur rouge très intense avec KOH + acide picrique ; précipité assez abondant de bleu de Prusse avec KOH + $SO_4Fe + Fe_2Cl_6$ + HCl.

C_1. Aucune des réactions précédentes ; pas d'odeur d'essence d'amandes amères.

D. Après 35 minutes, aucune odeur d'essence d'amandes amères. Après 15 heures, odeur très intense ; avec KOH + acide picrique et avec KOH + $SO_4Fe + Fe_2Cl_6$ + HCl, réactions positives pour l'acide cyanhydrique ; avec la liqueur de Fehling, réduction assez prononcée.

D_1. Aucune des réactions précédentes.

Résumé : l'émulsine d'amandes amères desséchée, chauffée pendant une demi-heure à 165° ne perd pas totalement son activité sur l'amygdaline.

III. — Amylase.

L'étude de l'action diastasique de l'amylase, chauffée à l'état sec aux températures élevées, conduit à des conclusions analogues à celles que les ferments précédemment étudiés ont fournies ; on constate, en effet, que la température mortèlle pour ce ferment est également très haute.

Mes recherches ont été faites avec une amylase d'orge germée, prise chez Merck.

Expérience I. — On met en contact, dans chaque fiole A, B, C et D, 80 centimètres cubes d'une solution à 1 °/₀ d'amidon commercial, avec 10 centimètres cubes d'une solution à 4 °/₀ d'amylase préalablement chauffée à l'état sec, comme je l'indique ci-dessous. Aucun antiseptique. On place les fioles à la température de 35°-36°. Pour se rendre compte du pouvoir saccharifiant du ferment chauffé, on prend de temps en temps 5 c.c. de chaque mélange et on y ajoute deux gouttes d'une solution d'iode à 1 °/₀. Voici les résultats.

Après 5 minutes :

A. Amylase non chauffée : couleur violette foncée.

B. Amylase chauffée à 131°,5 : couleur violette à peu près tout aussi foncée qu'avec A.

C. Amylase chauffée à 150° : couleur bleue avec une très faible nuance violette.

D. Amylase chauffée à 161°,5 : couleur d'un bleu franc foncé.

Après 30 minutes :

A. Amylase non chauffée : coloration violette très claire.

B. Amylase chauffée à 131°,5 : coloration violette très claire.

C. Amylase chauffée à 150° : coloration violette foncée.

D. Amylase chauffée à 161°,5 : coloration d'un bleu franc foncé.

Après une heure :

A. Amylase non chauffée : coloration violette extrêmement claire.

B. Amylase chauffée à 131°5 : coloration violette extrêmement claire.

C. Amylase chauffée à 150°,: coloration violette foncée.

D. Amylase chauffée à 161°,5 : coloration bleue avec une nuance extrêmement faible de violet.

Après 4 heures :

A. Amylase non chauffée : sucre réducteur dans 8^{cc} de mélange			$41^{mg},7$
B. Amylase chauffée à 131°,5 :	»	»	$38^{mg},1$
C. Amylase chauffée à 150° :	»	»	$19^{mg},8$
D. Amylase chauffée à 161° 5 :	»	»	$0^{mg},$

Expérience II. — Amylase de même provenance que dans l'expérience précédente, mais les matériaux A, B, C et D, chauffés d'abord comme ci-dessous, à l'état sec, ont été divisés en deux lots égaux : l'un a été bouilli dans l'eau, tandis que l'autre a été laissé non bouilli. On fait des mélanges de 10 centimètres cubes de solution d'amylase à 4 °/₀ et de 10 centimètres cubes de solution à 0,5 °/₀ d'amidon commercial. La proportion d'amylase par rapport à la proportion d'amidon est donc, dans cette expérience, de beaucoup supérieure à celle de l'expérience précédente. Pas d'antiseptique. On abandonne les mélanges à la température du laboratoire (18° à 20° degrés). Pour apprécier la marche de la saccharification, on prend de temps en temps un centimètre cube de chaque mélange A, A_1, B, B_1, C, C_1, D, et D_1 et on y ajoute deux gouttes d'une solution d'iode à 1 °/₀.

Après 5 minutes :

A. Amylase non chauffée, non bouillie : couleur rouge brun.
A_1. Amylase non chauffée, mais bouillie : couleur bleu franc.
B. Amylase chauffée à 131°,5, non bouillie : couleur rouge brun.
B_1. Amylase chauffée à 131°,5, puis bouillie : couleur bleu franc.
C. Amylase chauffée à 150°, non bouillie.
C_1. Amylase chauffée à 150°, puis bouillie.
D. Amylase chauffée à 161°,5, non bouillie.
D_1. Amylase chauffée à 161°,5, puis bouillie.
} couleur bleu franc.

Après 15 minutes :

A. Amylase non chauffée, non bouillie : coloration rouge brun.
A_1. Amylase non chauffée, mais bouillie : coloration bleu franc.
B. Amylase chauffée à 131°,5, non bouillie : coloration rouge brun.
B_1. Amylase chauffée à 131°,5, puis bouillie : coloration bleu franc.
C. Amylase chauffée à 150°, non bouillie : coloration violet clair.
C_1. Amylase chauffée à 150°, puis bouillie.
D. Amylase chauffée à 161°,5, non bouillie.
D_1. Amylase chauffée à 161°,5, puis bouillie.
} couleur bleu franc.

Après 19 heures :

A : coloration rouge brun.
A_1 : coloration bleu franc.
B : coloration rouge brun.
B_1 : coloration bleu franc.
C : coloration rouge violacé.
C_1 : coloration bleu franc.
D : coloration violet clair.
D_1 : coloration bleu franc.

Avec la liqueur de Fehling aucune réduction dans les fioles A_1, B_1, C_1 et D_1 ; au contraire dans les mélanges A, B, C et D on observe une réduction dont l'intensité diminue de A à D.

Il résulte donc de cette expérience que lorsqu'on ajoute à la solu-

tion d'amidon une plus forte proportion de liquide diastasique, on constate une saccharification, même avec l'amylase qui a été chauffée pendant une demi-heure à 161° 5 ; au contraire, les solutions diastasiques qui avaient été d'abord bouillies ne produisent aucune hydrolyse. Comme je n'avais ajouté aux mélanges aucun antiseptique, on pourrait faire l'objection que pendant 19 heures des microorganismes se sont développés dans les liquides, qui auraient pu déterminer la saccharification. Mais l'objection n'est pas justifiée ; en effet, les microorganismes auraient pu se développer tout aussi bien dans les mélanges A_1, B_1, C_1 et D_1 qui contenaient de l'amylase bouillie, que dans les mélanges A, B, C et D.

D'ailleurs j'ai répété l'expérience en ajoutant un antiseptique aux mélanges.

Expérience III. — Dans chaque flacon B, C, D et E on a mélangé 10 grammes d'amylase, chauffée comme je l'indique ci-dessous, avec 50 cc. d'eau distillée et, après avoir ajouté quelques gouttes d'essence de moutarde, on a laissé macérer tous les mélanges dans une glacière ; au bout d'une heure et demie on filtre la moitié de chaque mélange, on ajoute à 2 cc. de filtrat, 3 cc. de solution d'amidon à 1 °/₀ et on abandonne ces derniers mélanges à l'étuve (35°-36°). Le flacon A sert comme témoin et ne contient qu'une solution pure d'amidon. Au bout de quelque temps on traite 1 cc. de chaque mélange B, C, D et E avec deux gouttes d'iode à 1 °/₀. Voici les résultats :

Après 30 minutes :

A. Solution pure d'amidon : coloration bleu franc.

B. Solution d'amidon avec amylase non chauffée : coloration brun pâle.

C. Solution d'amidon avec amylase chauffée à 150° : coloration violet clair.

D. Solution d'amidon avec amylase chauffée à 160°,4 : coloration violet foncé.

E. Solution d'amidon avec amylase chauffée à 168° : coloration bleu franc.

Après 1 heure 30 minutes:

A. Solution pure d'amidon : coloration bleu franc.

B. Solution d'amidon avec amylase non chauffée : jaune d'iode.

C. Solution d'amidon avec amylase chauffée à 150° : rougeâtre.

D. Solution d'amidon avec amylase chauffée à 160°,4 : violet foncé.

E. Solution d'amidon avec amylase chauffée à 168° : bleu franc.

Les autres moitiés de chaque mélange d'amylase chauffée, d'eau

et d'essence de Moutarde sont laissées à macérer encore dans la glacière pendant 15 heures. Avec ces macérés on arrive aux mêmes résultats qu'avec les premières moitiés. Mais ces mêmes macérés, préalablement bouillis, ne produisent aucune transformation de l'amidon.

En résumé, l'amylase de malt dont je me suis servi ne perd toute activité sur l'amidon qu'après un chauffage d'une demi-heure à une température supérieure à 160°.

IV. — Nucléases.

Comme matériel pour les nucléases, je me suis servi des plantes suivantes : *Evernia prunastri*, *Sticta pulmonacea*, *Lycoperdon gemmatum* et Levure de bière.

Les matériaux employés étaient généralement divisés en trois lots : le premier lot A, non chauffé, était bouilli dans l'eau distillée ; cette partie servait à connaître la quantité de phosphore minéral contenue dans les matériaux employés avant leur mise en expérience. Le second lot B, non chauffé, non bouilli, était mis en contact avec une solution connue de substance à hydrolyser, de nucléate de sodium à 0,4 °/₀, dans mes expériences. Enfin, le troisième lot C, préalablement chauffé à l'état sec, était également mis en contact avec une solution de nucléate de sodium à 0,4 °/₀. Après le séjour à l'étuve, on a filtré les liquides et on y a dosé les produits de l'hydrolyse, à savoir le phosphore minéralisé, qui est le produit de dédoublement le plus commode à déterminer.

Expérience I. — 13^{g} d'*Evernia prunastri* avec 100$^{cm^3}$ d'eau distillée dans le flacon A, avec 100$^{cm^3}$ de nucléate de sodium à 0,4 °/₀ dans les flacons B et C ; le matériel du flacon C a été préalablement chauffé pendant 30 minutes à 120°, tandis que celui du flacon D a été chauffé à 140° pendant le même temps. Après 40 heures, on détermine la teneur des liquides en phosphore, et l'on trouve :

	Températures	Phosphore minéral (P^2O^5) trouvé (1)	Phosphore minéralisé (1)
		mg	mg
A	100° (bouilli)	7	0
B............	35	101,3	94,3
C............	120	88,8	81,8
D............	140	55,5	48,5

(1) Dans 100 centimètres cubes de liquide.

Expérience II. — 4g d'*Evernia prunastri* dans chaque flacon A, B, C, D ; le matériel du flacon C, préalablement chauffé à 145°, celui du flacon D, d'abord chauffé à 145°, ensuite bouilli. Dans A, 80cm³ d'eau distillée ; dans B, C et D, 80cm³ de nucléate de sodium à 0,4 °/₀. Le tableau suivant résume les résultats de l'expérience au bout de 6 jours :

	Températures	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5) mg	Phosphore minéralisé mg
A............	100° (bouilli)	3,5	0
B............	35	12,9	9,6
C............	145	9,2	5,9
D............	145	3,3	0

Expérience III. — 10 g de *Sticta pulmonacea* sont mis en contact avec 100cm³ de liquide dans les flacons suivants : A, matériel bouilli, avec de l'eau distillée ; B, matériel non bouilli, avec du nucléate de sodium à 0,4 °/₀ ; C, matériel préalablement chauffé à 132° ; D, matériel chauffé à 143° ; E, matériel chauffé à 151° ; F, matériel chauffé à 162°. Dans les flacons C à F les tissus sont mis en contact avec une solution de nucléate de sodium à 0,4 °/₀. On constate les quantités suivantes de phosphore :

		Au bout de 10 jours.		Au bout de 20 jours.	
	Températures	Phosphore minéral trouvé mg	Phosphore minéralisé mg	Phosphore trouvé mg	Phosphore minéralisé mg
A...	100° (bouilli)	traces	0	3,75	0
B...	35	70	70	78,75	75,0
C...	132	60	60	72,5	68,75
D...	143	40	40	52,5	48,75
E...	151	22	22	30,0	26,25
F...	162	17,5	17,5	30,0	26,25

Expérience IV. — 31gr 5 de *Lycoperdon gemmatum*, qui avait été desséché à 35°, sont divisés en trois parties : A, bouillie avec de l'eau distillée ; B, non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 °/₀ ; C, préalablement chauffée à 131°, également avec du nucléate de sodium à 0,4 °/₀. Après 24 heures on trouve :

	Températures	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5) mg	Phosphore minéralisé mg
A............	100° (bouilli)	84	0
B............	35	193,4	109,4
C............	131	122,2	38,2

Expérience V. — 50g de *Lycoperdon gemmatum* desséché à 35° sont divisés en cinq parties mises en contact avec 125cm3 de liquide : A, bouillie avec de l'eau distillée ; B, non bouillie, avec de l'eau distillée ; C, non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 °/o ; D, préalablement chauffée pendant 30 minutes à 141°, avec de l'eau distillée ; E, chauffée également à 141°, mais mise en contact avec du nucléate de sodium. Après 24 heures, la teneur des liquides en phosphore est la suivante :

	Températures	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5)	Phosphore minéralisé
		mg	mg
A	100° (bouilli)	80	0
B	35	127,7	47,7
C	35	218,4	138,4
D	141	88,8	8,8
E	141	111,1	31,1

Expérience VI. — 30g de *Lycoperdon gemmatum* desséché à 35° sont divisés en trois parties égales mises en contact avec 100cm3 de liquide : A, bouillie, avec de l'eau distillée ; B, non bouillie, avec du nucléate de sodium à 0,4 °/o ; C, préalablement chauffée à 156°, mise ensuite dans une solution de nucléate à 0,4 °/o. Le tableau suivant résume les résultats obtenus :

	Températures	Phosphate minéral trouvé (P^2O^5)	Phosphore minéralisé
		mg	mg
A	100° (bouilli)	112,9	0
B	35	197,1	84,2
C	156	112,9	0

Expérience VII. — 100gr de Levure de bière sont divisés en cinq parties, mises chacune en contact avec 200cm3 de liquide : A, bouillie, avec de l'eau distillée ; B, non bouillie, avec du nucléate à 0,5 °/o ; les trois autres parties avec la même solution de nucléate, mais C, chauffée à 133°, D à 153°, E à 166°. Après 4 jours, on a trouvé les quantités suivantes de phosphore :

	Températures	Phosphore minéral trouvé (P^2O^5)	Phosphore minéralisé
		mg	mg
A	100° (bouilli)	232	0
B	35	335	103
C	133	275	43
D	153	245	13
E	166	230	0

En résumé, les nucléases desséchées des plantes étudiées dans les expériences précédentes ne perdent toute activité envers le nucléate de sodium qu'après un chauffage de 30 minutes à des températures assez élevées; la nucléase de l'*Evernia prunastri* ne devient inactive qu'après 145°, celle du *Lycoperdon gemmatum* entre 141° et 156°, celle de la Levure de bière après 153°, et celle du *Sticta pulmonacea,* la plus résistante, ne perd toute activité qu'après 162°.

V. — Présure et autres ferments présurants.

Les ferments qui m'ont servi dans les expériences de la coagulation du lait sont les suivants : labferment de la société Riedel (J.D. Riedel A. G., Berlin), labferment pris chez Grübler, papaïotine Merck, pepsine commerciale prise chez Schuchardt, poudre de tissus de *Ficus carica* et de *Broussonetia papyrifera.*

A. — Labferment

Expérience I. — J'ai employé dans cette expérience le labferment acheté chez Riedel. Par le chauffage à 132°, la couleur de ce ferment qui est normalement blanc, n'a presque pas changé ; à 152° la poudre a pris une teinte blanc jaunâtre ; à 160° la couleur du ferment est devenue jaunâtre ; enfin à 170° la poudre a pris une teinte brun jaunâtre. Les poudres ainsi chauffées se sont dissoutes dans l'eau presque aussi complètement que le labferment normal ; fait exception la poudre chauffée à 170°, dont une grande partie reste insoluble. Les liqueurs obtenues avec les présures chauffées sont d'autant plus claires que la température du chauffage a été plus élevée; ces mêmes liqueurs, bouillies, deviennent d'autant plus troubles que la température du chauffage a été plus basse.

Dans chacun des cinq tubes à essai, A, B, C, D et E, contenant 5 cc. de lait de vache, bouilli, non sensibilisé, on a versé 2 cc. de solution de labferment chauffé aux températures indiquées ci-dessus; en opérant à 45°, on a constaté que les vitesses de coagulation ont été les suivantes :

	VITESSE DE COAGULATION		
	1er essai.	2me essai.	3me essai.
A. Ferment non chauffé...	45 secondes	40 secondes	50 secondes
B. Ferment chauffé à 132°.	45 —	50 —	50 —
C. Ferment chauffé à 152°.	50 —	55 —	55 —
D. Ferment chauffé à 160°.	70 —	75 —	75 —
E. Ferment chauffé à 170°.	220 —	240 —	230 —

Dans des essais témoins on a ajouté à 5 cc. de lait 2 cc. des solutions des présures chauffées, mais bouillies; le résultat a été une absence totale de coagulation ou d'épaississement du lait, même après 24 heures.

Expérience II. — Labferment Riedel, chauffé comme ci-dessous. On a opéré à la température de 50° sur un mélange de 5 centimètres cubes de lait de vache, bouilli, non sensibilisé, et 1 centimètre cube de solution de ferment à 4 °/₀.

	VITESSE DE COAGULATION (en secondes)				
	1er essai	2e essai	3e essai	4e essai	
A. Ferment non chauffé.......	17	17	17	18	18
B. Ferment chauffé à 143°.....	40	42	40	42	41
C. Ferment chauffé à 154°.....	40	40	40	43	40
D. Ferment chauffé à 164°.....	60	65	58	60	60
E. Ferment chauffé à 170°.....	180	180	180	180	180

Contrôle. — Pour contrôler les données précédentes, on fait d'abord bouillir les solutions des présures chauffées et on les mélange ensuite avec du lait; on abandonne ces mélanges pendant 12 heures à une température variant entre 45° et 40° et on ne constate aucune coagulation. Si maintenant, aux mélanges précédents non coagulés, on ajoute des solutions non bouillies des présures chauffées, on voit que toutes les présures A, B, C, D et E provoquent la coagulation au bout de trois (pour A) à cinq (pour E) minutes.

Par conséquent, le labferment dont je me suis servi ne perd pas son pouvoir coagulant lorsqu'il est chauffé, à l'état sec, même pendant une demi-heure à 170°.

Expérience III. — Dix grammes de présure Riedel ont été chauffés de la manière suivante :

Heures.	10h15m	10h25m	10h35m	10h45m	10h55m	11h05m	11h15m	11h25m
Tempér.	25°	40°	64°	90°	116°	137°	158°	168°
Heures.	11h35m	11h45m	11h50m	11h55m	12h00m	12h05m	12h10m	
Tempér.	174°	181°	185°	189°	192°	193°	192°	

On ajoute à cette présure 25 cc. d'eau distillée et quelques gouttes d'essence de Moutarde et on laisse macérer pendant quelques heures dans une glacière. Au bout de ce temps on fait agir 2 cc. de macéré sur 5 cc. de lait de vache bouilli, non sensibilisé, et on constate que le lait coagule après 10 minutes. Avec le même

macéré, *mais préalablement bouilli*, on constate une absence totale de coagulation.

Nous avons répété plusieurs fois les expériences avec du labferment chauffé jusqu'à 190°-192° et les résultats obtenus ont été toujours les mêmes.

Voici encore une expérience à titre d'exemple.

Expérience IV. — Vingt grammes de la même présure (prise chez Riedel), ont été chauffés de la manière suivante :

Heures....	3h25m	3h35m	3h45m	3h55m	4h05m	4h15m	4h20m	4h25m
Tempér. ..	27°	50°	84°	126°	160°	181°	190°	195°
Heures....	4h30m	4h35m	4h40m	4h45m	4h50m			
Tempér. ..	192°	193°	192°	188°	190°			

Par conséquent, le ferment est resté pendant une demi-heure (de 4h20m à 4h50m) à une température moyenne de 191°,4. Aux 20 grammes de ce ferment on a ajouté 30 cc. d'eau distillée, 6 gouttes d'essence de Moutarde, et on a laissé macérer pendant 4 heures dans de la glace fondante. En opérant à la température de 45°, on a obtenu les résultats suivants :

5 cc. de lait de vache + 1 cc. de macéré coagule au bout de 20 minutes.

5 cc. de lait de vache + 2 cc. de macéré coagule au bout de 10 à 11 minutes.

5 cc. de lait + 2 cc. de macéré, *préalablement bouilli*, ne coagule plus.

Donc, la température de 191° diminue considérablement le pouvoir présurant du labferment desséché, mais ne le détruit pas complètement.

Mais les présures d'une même espèce animale, préparées d'après diverses méthodes, se différencient au point de vue de la stabilité et se comportent différemment aux mêmes températures. En effet, les substances étrangères qui restent encore mélangées au ferment, donnent à celui-ci des caractères différents. D'après Cramer et Bearn (1) la présure est bien plus résistante à la chaleur lorsqu'elle est mélangée à son substratum que lorsqu'elle est pure.

J'ai comparé à cet effet les stabilités du labferment Redel et du labfer-

(1) W. Cramer and A. R. Bearn : (*Proc. Physiolog. Soc.* 2 Juin 1906, p. 36, in *Journ. of Physiol.*, 34, 1906) (Cité d'après Abderhalden, *Biochem. Lexikon*, V, p. 625).

ment pris chez Grübler. A la température de 160° la présure de Grübler se carbonise presque, en prenant un aspect noir-brunâtre très foncé, la masse totale se boursouffle, pendant que son volume devient à peu près double ; le macéré obtenu avec un semblable ferment n'est plus capable de coaguler le lait. Il n'en est pas de même de la présure Riedel, comme on l'a vu par les expériences précédentes : chauffée à 160°, cette dernière change excessivement peu de couleur et son activité présurante reste encore assez puissante.

Après ces constatations, j'ai pensé que la présure normale de Grübler possède une activité relativement plus faible que la présure Riedel. Une série d'expériences entreprises pour m'en assurer m'a permis de constater qu'il n'en est pas ainsi ; en effet, les pouvoirs présurants des deux ferments sont presque égaux ; mais les solutions du ferment normal Grübler sont beaucoup plus stables aux températures élevées que les solutions du ferment Riedel (1). Pour rendre évidente l'influence de la température sur les solutions de ces deux sortes de présures, j'ai fait les expériences suivantes (avec 1 cc. des solutions à 1 °/₀ + 5 cc. de lait) :

Une solution de présure Grübler maintenue d'abord pendant une heure à 50°, coagule le lait au bout de *40 secondes*, tandis que dans les mêmes conditions les solutions de présure Riedel ne provoquent la coagulation qu'au bout d'*une heure*.

Les solutions de présure Grübler maintenues pendant 1 heure 20 minutes à 50°, coagulent le lait après 40 secondes, tandis que dans les mêmes conditions la force enzymatique des solutions de présure Riedel a été complètement détruite.

Les solutions de ferment Grübler abandonnées pendant 5 heures à 50° ne diminuent que très peu leur activité présurante ; même exposées pendant 15 heures entre 50° et 40°, elles déterminent encore la coagulation au bout de trois minutes.

Enfin les solutions de présure Grübler préalablement chauffées pendant 53 minutes à 70°, provoquent encore la coagulation du lait, mais seulement au bout de 1 heure 20 minutes.

(1) La présure de Riedel se présente sous forme d'une poudre à gros granules ; mélangée à l'eau dans la proportion de 1 °/₀, elle se dissout presque complètement, donnant une solution incolore, très faiblement opaline. Le labferment de Grübler, dont je me suis servi, était une poudre très fine, qui se dissout incomplètement dans l'eau, donnant une solution très trouble et qui, au bout de quelque temps, laisse au fond du vase un dépôt assez abondant.

B. — Présures végétales

Expérience I. — Cette expérience et les deux suivantes ont été faites avec de la présure d'origine végétale.

A cet effet, 400 grammes de substance fraîche de *Ficus carica* (extrémités des jeunes branches) sont immédiatement hachés et placés dans un séchoir, muni d'un fort ventilateur, à la température de 25 degrés. Au bout de huit heures, le matériel est très bien desséché ; on le transforme alors en poudre fine, qu'on continue à dessécher pendant quelque temps dans le vide ; 400 grammes de substance fraîche fournissent à peu près 58 grammes de substance sèche.

A chaque 10 grammes des poudres A, B et C, préalablement chauffées comme ci-dessous, on ajoute 40 cc. d'une solution à 5 °/₀ de chlorure de sodium et quelques gouttes d'essence de Moutarde. Les mélanges sont laissés à macérer pendant deux jours dans une glacière (entre + 5° et + 8°) ; à la fin, on exprime les macérés à travers une toile à mailles serrées.

En opérant à la température de 50°, sur un mélange composé de 5 cc. de lait de vache bouilli, non sensibilisé, et de 2 cc. de macéré, on arrive aux résultats suivants :

A. Poudre non chauffée : coagulation au bout de 4 minutes.

B. Poudre chauffée à 132° : coagulation au bout de 1 heure 5 minutes.

C. Poudre chauffée à 140° : absence totale de coagulation (après 5 heures d'attente).

Expérience II. — On prend 500 grammes de *Broussonetia papyrifera* (extrémités de très jeunes branches), qu'on fait sécher de la façon que nous avons décrite à propos du Figuier ; on obtient à la fin 95 grammes de poudre desséchée dans le vide. Les échantillons de poudre A, B, C, D et E sont chauffés d'abord aux températures indiquées ci-dessous ; à chaque 10 grammes des poudres ainsi chauffées, on ajoute 60 cc. d'une solution à 5 °/₀ de chlorure de sodium et quelques gouttes d'essence de Moutarde et on abandonne les mélanges pendant deux jours à la glacière. On exprime les liquides à travers une toile et on fait les essais sur un mélange de 5 cc. de lait de vache, non sensibilisé, et de 2 cc. de macéré, en opérant à 50°. Voici les résultats :

Avec du lait non bouilli :

A. Poudre non chauffée : coagulation au bout de 5 min. 20 secondes.

B. Poudre chauffée à 127° : coagulation au bout de 1 heure 20 minutes.

C. Poudre chauffée à 143°
D. Poudre chauffée à 151°
E. Poudre chauffée à 161°
} pas de coagulation, même au bout de 16 heures.

Avec du lait bouilli.

A. Poudre non chauffée : coagulation au bout de 4 minutes.
B. Poudre chauffée à 127° : coagulation après 1 heure.
C. Poudre chauffée à 143°
D. Poudre chauffée à 151°
E. Poudre chauffée à 161°
} pas de coagulation.

J'ai répété neuf fois cette expérience, aussi bien avec du lait bouilli, qu'avec du lait non bouilli, sensibilisé avec du chlorure de calcium, ou bien non sensibilisé ; dans tous les essais, je n'ai pu obtenir la coagulation du lait qu'avec les matériaux A et B.

Expérience III. — Poudre de *Broussonetia papyrifera,* préparée de la même façon que dans l'expérience précédente. En opérant à la température de 50°, sur des mélanges de 5 cc. de lait non bouilli, non sensibilisé, et de 2 cc. de macéré, on est arrivé aux résultats suivants :

A. Matériel non chauffé : coagulation après 1 minute 45 secondes
B. Matériel chauffé à 131°
C. Matériel chauffé à 138°
} aucune trace de coagulat. même après plusieurs heures de contact.

En résumé, on voit que les présures d'origine végétale, bien desséchées dans le vide, paraissent moins résistantes aux températures élevées que les présures animales. La présure du Figuier perd son activité entre 132° et 140°, et celle du *Broussonetia* entre 127° et 131°.

C. — Papaïotine

La papaïotine dont je me suis servi avait été prise depuis un an chez Merck.

Expérience I. — On mélange 5 centimètres cubes de lait bouilli avec 0 cc. 5 d'une solution de papaïotine à 5 °/₀. En opérant à 40° on obtient les résultat suivants :

A. Matériel non chauffé : coagulation au bout de 117 secondes.
B. Matériel chauffé à 120° : coagulation au bout de 75 secondes.

On voit donc qu'un chauffage à 120° ne diminue pas le pouvoir présurant de la papaïotine. Si, malgré la même dose de solution de papaïotine, la vitesse de coagulation est plus grande avec le ferment

chauffé, qu'avec le ferment normal, cela tient probablement à ce qu'avec la papaïotine chauffée et par conséquent mieux desséchée, on obtient une solution plus concentrée qu'avec un même poids de papaïotine non chauffée et par conséquent imparfaitement desséchée.

Expérience II. — Une partie du matériel B de l'expérience précédente a été placée dans l'étuve et chauffée de nouveau pendant une demi-heure à 127°. En faisant réagir 0^{cc}, 5 de solution à 5 °/₀ de cette papaïotine sur 5 cc. de lait, à la température de 40°, on constate encore que le pouvoir présurant du ferment rechauffé n'a pas diminué :

A. Matériel non chauffé : coagulation au bout de 85 secondes.
B. Matériel chauffé à 127° : coagulation au bout de 85 secondes.

Expérience III. — On chauffe de nouveau, pendant une demi-heure le matériel B de l'expérience II, mais cette fois-ci à 140°. En faisant agir, à 50°, 0^{cc}, 5 de papaïotine à 5 °/₀ sur 5 cc. de lait de vache bouilli, on obtient les résultats suivants :

A. Papaïotine non chauffée : coagulation au bout de 79 secondes.
B. Papaïotine chauffée à 140° : coagulation au bout de 132 secondes.

Expérience IV. — Nouveau matériel, chauffé pendant 22 minutes à 152° ; à cette température, la poudre, qui est normalement blanche, prend une teinte d'un jaune sale. En opérant à 50° sur un mélange composé de mêmes proportions de lait et de macéré de papaïotine, que dans l'expérience précédente, on arrive aux résultats suivants :

A. Papaïotine non chauffée : coagulation au bout de 87 secondes.
B. Papaïotine chauffée à 152° : coagulation au bout de 220 secondes.

Enfin, lorsqu'on chauffe la papaïotine pendant une demi-heure à 170°, le matériel se prend en croûte facilement cassante et devient jaune brunâtre ; le ferment ainsi chauffé n'est plus capable de coaguler le lait.

D. — Pepsine

Dans les expériences sur l'activité présurante de la pepsine, je me suis servi d'un vieux matériel de mouton, pris il y a 16 ans chez Schuchardt.

Les essais de coagulation ont été effectués à la température de 50°, sur des mélanges de 5 cent. cubes de lait de vache bouilli et 1^{cc}, 5 de solution de pepsine à 5 °/₀.

A. Pepsine non chauffée : coagulation au bout de 15 secondes.
B. Pepsine chauffée à 130° : coagulation au bout de 15 secondes.
C. Pepsine chauffée à 152° : coagulation au bout de 180 secondes.
D. Pepsine chauffée à 160° } pas de coagulation.
E. Pepsine chauffée à 170° }

VI. — Ferments oxydants.

A. — Poudre de graines germées d'*Ipomæa purpurea*.

On laisse gonfler dans l'eau des graines de Volubilis, on les étale dans un cristallisoir sur du papier à filtrer humide, jusqu'à ce qu'elles commencent à germer, ce qui a lieu, à la température de la chambre, après deux jours ou deux jours et demi. On dessèche alors rapidement les germinations, en les étalant dans un séchoir à air chaud (25°-26°), muni d'un fort ventilateur, et on les réduit ensuite en poudre. La farine obtenue est encore desséchée pendant quelque temps dans le vide.

Expérience I. — On prend six lots de poudre préparée de la façon décrite : le lot A reste non chauffé, tandis que les lots B, C, D, E, et F, sont chauffés comme ci-dessous. On ajoute de l'eau, on agite fortement, on laisse macérer pendant une heure et demie et on cherche l'activité de l'oxydase et de la peroxydase par l'addition des réactifs suivants : gaïac, gaïacol et pyrogallol.

Réactions avec le gaïac :

A. Matériel non chauffé : réactions positives très intenses, aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

B. Matériel chauffé à 120° : réactions positives intenses aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

C. Matériel chauffé à 138° : réaction négative pour l'oxydase, réaction positive mais pas très intense pour la peroxydase.

D. Matériel chauffé à 142° : réaction négative pour l'oxydase, réaction positive assez intense pour la peroxydase.

E. Matériel chauffé à 153° : réaction négative pour l'oxydase, réaction positive faible mais nette pour la peroxydase.

F. Matériel chauffé à 160° : réaction négative pour l'oxydase, réaction positive extrêmement faible mais nette pour la peroxydase.

Réactions avec le gaïacol :

A. Réactions positives très intenses pour l'oxydase et pour la peroxydase.

B. Réaction positive assez intense pour l'oxydase, réaction positive très intense pour la peroxydase.

C. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive très nette mais faible pour la peroxydase.

D. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive faible mais nette (rouge clair) pour la peroxydase.

E. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive très faible pour la peroxydase.

F. Réactions négatives aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

Réactions avec le pyrogallol :

A. Réactions positives très intenses aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

B. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive intense pour la peroxydase.

C. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive faible pour la peroxydase.

D. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive faible pour la peroxydase.

E. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive extrêmement faible, mais nette, pour la peroxydase.

F. Réactions négatives aussi bien pour l'oxydase, que pour la peroxydase.

Contrôle. En faisant bouillir les mélanges aqueux de tous les matériaux chauffés aux températures mentionnées, on n'obtient que des réactions négatives.

Expérience II. — Poudre des mêmes germinations d'*Ipomæa purpurea* que dans l'expérience précédente, mais chauffée aux températures indiquées ci-dessous.

Réactions avec le gaïac :

A. Matériel non chauffé : réactions positives très intenses aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

B. Matériel chauffé à 123° : réaction positive assez intense pour l'oxydase, réaction positive très intense pour la peroxydase.

C. Matériel chauffé à 134° : réaction positive assez intense pour l'oxydase, réaction positive très intense pour la peroxydase.

D. Matériel chauffé à 153° : réaction négative pour l'oxydase, réaction positive faible pour la peroxydase.

E. Matériel chauffé à 160° : réaction négative pour l'oxydase, réaction très faible, mais nettement positive pour la peroxydase.

F. Matériel chauffé à 164° : réactions négatives aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

Réactions avec le gaïacol :

A. Réactions positives très intenses aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

B. Réaction positive assez intense pour l'oxydase, réaction positive très intense pour la peroxydase.

C. Réaction positive assez intense pour l'oxydase, réaction positive très intense pour la peroxydase.

D. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive très faible, mais nette pour la peroxydase.

E. } Réactions négatives aussi bien pour l'oxydase que pour la
F. } peroxydase.

Réactions avec le pyrogallol :

A. Réactions positives très intenses aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

B. Réaction positive assez intense pour l'oxydase, réaction positive intense pour la peroxydase.

C. Réactions positives assez intenses aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

D. Réaction négative pour l'oxydase, réaction positive très faible, mais nette, pour la peroxydase.

F. Réactions négatives aussi bien pour l'oxydase que pour la peroxydase.

Comme expérience de contrôle, on a bouilli les macérés obtenus avec tous les matériaux A, B, C, D, E et F et on a constaté que tous ces macérés donnent, avec les réactifs mentionnés, des réactions négatives.

J'ajoute qu'en ce qui concerne les macérés des matériaux A, B, et C, point n'est besoin de les traiter avec l'émulsion de teinture de gaïac, avec le gaïacol ou avec le pyrogallol, pour constater la présence d'une oxydase ; il suffit, en effet, de laisser les liqueurs dans des tubes à essais, pour observer au bout de quelque temps, à la surface des liquides, une oxydation ; cette oxydation se manifeste par la formation d'une couche brune, qui est très intense à la surface des macérés A et B, très faible, mais nette à la surface du macéré C. A la surface des macérés D, E et F non bouillis, ainsi qu'à la surface de tous les macérés A, B, C, D, E, et F bouillis, on ne peut constater aucun changement de couleur, partant aucune oxydation.

Il résulte donc de ces expériences que l'oxydase desséchée des germinations d'*Ipomæa purpurea* est détruite par la chaleur entre 134° et 138°, tandis que la peroxydase des mêmes germinations ne perd toute activité oxydante qu'au-dessus de 160°.

B. — Poudre de Grains de Blé

La farine employée dans les expériences suivantes provenait de grains non germés de Blé.

Je remarquerai tout d'abord que les macérés obtenus avec la poudre de grains de Blé, non chauffée, donnent avec le gaïac, le gaïacol et le pyrogallol des réactions négatives pour l'oxydase, tandis que pour la peroxydase on obtient des réactions positives très intenses. En effet, Bertrand et Muttermilch (1) ont montré qu'il n'existe pas d'oxydase (laccase) dans le son de Froment, mais une tyrosinase, car le produit obtenu par ces auteurs donne avec le gaïacol une réaction négative ; l'émulsion de résine de gaïac, préparée avec une teinture récente, devient tout au plus verdâtre ; enfin avec l'hydroquinone, on obtient seulement une coloration rose faible. Ces mêmes auteurs ont montré que, mélangée à la tyrosinase, il existe dans le son de Froment une peroxydase assez active, qui donne avec le pyrogallol, le gaïacol, et la résine de gaïac, des réactions positives intenses (2).

Les réactions indiquées dans l'expérience suivante ne concernent donc que la peroxydase.

Expérience I.

Réactions avec le gaïac :

A. matériel non chauffé ; réaction positive très intense, avec développement très abondant de gaz.

B. Matériel chauffé à 122° : réaction positive très intense, mais le développement de gaz est moins abondant qu'avec A.

C. Matériel chauffé à 134° : réaction positive intense, développement de gaz moins abondant qu'avec B.

D. Matériel chauffé à 147°,5 : réaction positive faible, le développement de gaz n'est pas visible.

E. Matériel chauffé à 155° : réaction positive très faible, mais nette.

Contrôle. Le macéré obtenu avec le matériel E, mais bouilli, donne des réactions négatives.

Réactions avec le gaïacol :

A. Matériel non chauffé : réaction positive très intense.

B. Matériel chauffé à 122° ; réaction positive très intense.

C. Matériel chauffé à 134° : réaction positive intense, mais plus faible qu'avec B.

D. Matériel chauffé à 147°,5 : réaction positive faible, mais très nette.

E. Matériel chauffé à 155° : réaction positive très faible, mais nette.

(1) Bertrand et Muttermilch : Sur l'existence d'une tyrosinase dans le son de froment (*Comptes-rendus de l'Acad. des Sciences*, t. 144, p. 1285, 1907).

(2) Bertrand et Muttermilch : *Ibidem*, p. 1287.

Les solutions obtenues avec tous ces matériaux, mais bouillies, donnent toutes des réactions négatives.

Ainsi donc, la peroxydase des grains de Blé ne perd complètement son action oxydante qu'après un chauffage à une température supérieure à 155°.

C. — Farine de malt

Dans une farine de grains d'Orge germés, j'ai cherché également la résistance de la peroxydase aux températures indiquées ci-dessous.

Réactions avec le pyrogallol :

A. Matériel non chauffé ..... B. Matériel chauffé à 121°. .. C. Matériel chauffé à 133° ...	Réactions positives immédiates, dont les intensités diminuent de A à C.
D. Matériel chauffé à 146° ... E. Matériel chauffé à 155° ...	Au commencement, réactions négatives ; mais au bout de 24 heures les réactions sont nettement positives (tandis que les macérés bouillis de D et E ne donnent des réactions positives qu'après 48 heures).

Réactions avec le gaïac :

A. Matériel non chauffé. .... B. Matériel chauffé à 121°. .. C. Matériel chauffé à 133°. ..	Réactions positives dont les intensités diminuent graduellement de A à C.
D. Matériel chauffé à 146°. .. E. Matériel chauffé à 155° ...	Réactions négatives.

Les macérations bouillies obtenues avec tous les matériaux donnent des réactions négatives.

Réactions avec le gaïacol :

A. Matériel non chauffé ..... B. Matériel chauffé à 121°... C. Matériel chauffé à 133° ...	Réactions positives dont les intensités vont en diminuant de A à C.
D. Matériel chauffé à 146° ... E. Matériel chauffé à 155°...	Réactions négatives.

D. — Peroxydase des racines de Radis

Expérience I. — Les peroxydases dont je me suis servi dans cette expérience ont été préparées de la manière suivante : 2^{kg},5 de racines de Radis (noir gros rond d'hiver) décortiquées, sont réduits en pâte et mis à macérer pendant quelques heures avec un peu d'eau ; on décante ensuite le liquide et on exprime le résidu dans

une toile ; les liquides ainsi recueillis sont filtrés et traités par de l'alcool fort ; il se produit un précipité blanc floconneux assez abondant, qu'on laisse reposer pendant quelque temps, qu'on sépare par filtration et qu'on dessèche. On obtient 5^{gr}, 5 de peroxydase qui, réduite en poudre fine, est complètement blanche ; la peroxydase ainsi préparée n'est pas pure, car elle est mélangée aux substances albuminoïdes et aux autres matières précipitables par l'alcool.

J'appellerai A cette peroxydase.

Je me suis servi encore d'une peroxydase moins impure, débarrassée des substances albuminoïdes par la méthode indiquée par Deleano (1). A cet effet, on sépare d'abord les substances albuminoïdes par l'hydroxyde de fer colloïdal et on traite ensuite le filtrat par l'alcool fort pour précipiter la peroxydase. En employant cette méthode, j'ai obtenu, de 2^{kg} 5 de Radis, à peu près 3 gr. de peroxydase.

J'appellerai F cette peroxydase.

Des essais préliminaires qui ont porté sur des matériaux préparés depuis deux mois, m'ont montré que, traitée par le pyrogallol et l'eau oxygénée, la peroxydase A, moins pure, donne une réaction positive moins intense que la peroxydase F. Voici les résultats obtenus avec les peroxydases chauffées aux différentes températures.

Expérience I.

Réactions avec le pyrogallol :

I. Matériaux non chauffés...	A. Réaction positive intense pour la peroxydase. F. Réaction positive très intense pour la peroxydase.
II. Matériaux chauffés pendant 55 minutes à 107°.	A. Réaction négative pour la peroxydase. F. Réaction positive pour la peroxydase.
III. Matériaux chauffés pendant 30 minutes à 133°.	A. Réaction négative pour la peroxydase. F. Réaction positive faible pour la peroxydase.
IV. Matériaux chauffés pendant 30 minutes à 144°.	Réactions négatives avec les deux sortes de matériel.

Expérience II. — Mêmes matériaux que pour l'expérience précédente, mais chauffés aux températures indiquées ci-dessous.

(1) N. T. Deleano : Eine neue Methode zur Reinigung der Peroxydase (*Biochemische Zeitschrift*, Bd 19, p. 266, 1909).

Réactions avec le pyrogallol et le gaïacol :

I. Matériaux non chauffés...	A. Réaction positive intense pour la peroxydase. F. Réaction positive très intense pour la peroxydase.
II. Matériaux chauffés à 134°	A. Après 10 minutes, réaction positive très nette. F. Après 10 minutes, réaction positive nette.
III. Matériaux chauffés à 140°	A. Après 10 minutes, réaction positive à peu près tout aussi nette qu'avec le matériel chauffé à 134°. F. Réaction négative.

Des matériaux identiques, mais bouillis après le chauffage, m'ont servi comme témoins; les résultats sont : des réactions négatives partout.

Donc, la peroxydase de Radis dont je me suis servi, ne perd totalement son activité oxydante qu'après un chauffage d'une demi-heure à une température supérieure à 140°.

Expérience III. — Les essais entrepris avec du *tissu desséché* et réduit en poudre des racines des mêmes Radis ne m'ont plus donné les mêmes résultats. La poudre de ce tissu chauffée pendant une demi-heure à 115°, a donné des réactions positives très nettes avec le gaïacol, plus faibles avec le pyrogallol, faibles, mais toujours nettes, avec le gaïac. La même poudre chauffée à 133°, ne m'a donné que des réactions négatives.

Conclusions.

On voit, par tout ce qui précède, que les diastases desséchées supportent un chauffage d'une demi-heure à des températures assez élevées au-dessus de 100° ; il y en a, tel le labferment, dont la température mortelle est supérieure à 191°.

Puisque la véritable nature chimique des ferments nous est très peu connue, on ne peut pas donner une explication de ces faits. Mais la plupart des diastases sont, comme tout porte à le croire, des substances colloïdales, qui sont coagulées par la chaleur ; par conséquent, il est permis de supposer que plus elles sont déshydratées,

plus leur coagulation a lieu à une température élevée; les choses se passent comme pour les matières albuminoïdes. Cette coagulation semble n'être qu'un phénomène purement physique; mais il n'est pas impossible, il est même vraisemblable, que des modifications chimiques plus ou moins profondes accompagnent le phénomène physique.

OBSERVATIONS

SUR QUELQUES GUTTIFÈRES MALGACHES

par M. R. VIGUIER

Maître de Conférences à la Sorbonne

et M. H. HUMBERT

Préparateur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

Les Guttifères sont très nombreuses à Madagascar; elles ont été l'objet de diverses recherches, parmi lesquelles il faut signaler les travaux récents de MM. Jumelle et Perrier de la Bâthie (1) ainsi que les observations anatomiques de M. Jacob de Cordemoy (2) faites sur les espèces récoltées par M. Perrier de la Bâthie. Malgré tous ces travaux, la liste des espèces est loin d'être close, et nous avons pu, durant le mois d'octobre 1912, récolter dans la forêt d'Analamazaotra (3) un certain nombre de plantes nouvelles.

Nous nous bornons, dans la présente Note, à faire de brèves remarques au sujet de quelques Guttifères vraies ou Clusiacées et principalement des genres *Ochrocarpus* et *Rheedia*.

L'étude de ces plantes nous a été singulièrement facilitée par l'hospitalité qui nous a été offerte à l'Herbier du Muséum; nous

(1) Jumelle et Perrier de la Bâthie. Les Clusiacées du Nord-Ouest de Madagascar. *(Annales des Sciences naturelles, Bot.*, sér. IX, t. 11, p. 255, 1910).

(2) Jacob de Cordemoy. Observations anatomiques sur les Clusiacées du Nord-Ouest de Madagascar *(id.*, p. 287).

(3) La forêt d'Analamazaotra fait partie de la grande forêt de l'Est de Madagascar ; elle est comprise entre Moramanga et Beforona et traversée par le chemin de fer de Tamatave à Tananarive ; elle est à peu près limitée au Nord par la Vohitra et la Fanafana et au Sud par la Sahantandra et la Lakato.

tenons à exprimer notre reconnaissance à M. H. Lecomte, Professeur au Muséum, pour sa bienveillance.

Les deux genres *Ochrocarpus* et *Rheedia*, pour Vesque (1), formaient, avec le genre *Garcinia*, une tribu des Garciniées, caractérisée surtout par la graine : l'embryon possède une tigelle énorme, tuberculisée, bourrée de réserves, et des cotylédons réduits à de minimes écailles ou même complètement avortés; les fleurs, de plus, sont généralement unisexuées et l'ovaire est surmonté d'un stigmate sessile ou d'un style très court.

Dans les *Pflanzenfamilien*, Engler n'adopte pas entièrement la classification de Vesque et range notamment les *Ochrocarpus* dans la tribu des Calophyllées. Cette tribu diffère essentiellement des Garciniées par la graine : ici la tigelle est courte et ce sont les cotylédons énormes, accolés, qui accumulent les réserves et constituent la masse de la graine.

Dans un Mémoire paru en 1908 (2), Georges Brandza a confirmé les vues précédentes et a nettement mis en évidence les énormes cotylédons des *Ochrocarpus*, qui arrivent à être presque soudés, ne montrant pas d'épidermes distincts sur toute leur surface de contact.

Genre OCHROCARPUS

Ce genre, très intéressant, est caractérisé par le calice qui, pour les auteurs, est formé de deux sépales soudés au début mais se séparant lors de l'épanouissement de la fleur.

En dedans du calice se trouvent, d'après Vesque, quatre pétales en deux verticilles, puis de nombreuses étamines libres, et au centre un ovaire à 2-6 loges uni- ou biovulées. Engler donne une diagnose légèrement différente du genre, car pour lui, les étamines sont légèrement soudées vers la base, et l'ovaire est formé de 2 à 3 carpelles contenant chacun 2 ovules dressés, mais plus tard, par formation de cloisons incomplètes, il y a 4 à 6 loges uniovulées.

Nous avons effectué, dans des matériaux conservés dans l'alcool, une série de coupes transversales pratiquées dans le calice, de la base jusqu'au sommet, dans le petit apicule terminal.

(1) Vesque. Guttiferæ in De Candolle *Monographiæ Phanerogamarum*.

(2) Georges Brandza. Recherches anatomiques sur la germination des Hypéricacées et des Guttifères (*Annales des Sciences naturelles, Bot.*, IXe série, Tome 8, p. 221, 1910).

Nulle part ce calice ne montre de pièces distinctes, même dans le petit apicule terminal ; on ne peut observer aucun épiderme limitant des sépales ; les coupes transversales se présentent comme une sorte de couronne avec, à l'intérieur des épidermes, de nombreux faisceaux libéroligneux et canaux secréteurs, au sein d'un parenchyme homogène à paroi mince.

Dans le petit apicule terminal, les faisceaux sont groupés en un cercle, de telle sorte qu'on pourrait se croire en présence d'un axe, par examen d'une coupe transversale.

On peut rapprocher cet exemple de celui des Rhaptopétalacées étudiées par Van Tieghem, dans lesquelles la corolle forme une sorte de bonnet entièrement gamopétale.

Il existe d'autres plantes comme les Vignes, ou certaines Araliacées dont la corolle forme une petite calotte qui se détache d'une seule pièce ; mais une coupe transversale montre que les pétales y ont des épidermes parfaitement distincts, cutinisés, mais ondulés et engrenés les uns dans les autres.

Il y a donc ici gamosépalie complète, et si le calice, lors de l'anthèse, se sépare en deux parties, il n'est pas possible de considérer, ce qui est pourtant vraisemblable, chacune de ces parties comme un sépale ; nous les appellerons *valves du calice.*

Ce calice si particulier, justifierait à lui seul de l'autonomie du genre *Ochrocarpus.*

Baillon, en 1876 (1), décrivit sous le nom d'*Ochrocarpus decipiens* une espèce récoltée par Pervillé à Nossi-Bé en 1841. L'auteur constate que cette espèce montre des caractères qui ne se rencontrent dans aucun autre représentant du genre.

Les fleurs sont unisexuées et les fleurs mâles, seules connues, sont en cymes terminales denses. Au centre, il y a un énorme gynécée rudimentaire, tout à fait semblable à celui de certains *Garcinia,* autour duquel les étamines sont réparties non pas régulièrement, mais *en faisceaux.* Le calice est donc celui d'un *Ochrocarpus* et l'androcée celui d'un *Garcinia.*

Vesque, dans sa monographie, transporte cette section dans le genre *Garcinia,* en y adjoignant une espèce, récoltée par Hilde-

(1) H. Baillon. Sur un *Ochrocarpus* anormal de Madagascar. *(Bulletin mensuel Soc. Linn. de Paris,* T. 1, p. 82).

brandt à Nossi-Komba, qu'il considère comme nouvelle et nomme *Garcinia disepala,* ignorant qu'elle avait été déjà décrite par O. Hoffmann sous le nom d'*Ochrocarpus multiflorus*.

La plupart des auteurs ont, dans la suite, adopté l'opinion de Vesque.

Cette manière de voir ne saurait, d'après nous, être acceptée avec raison.

Le genre *Garcinia* présente parfois 5, et le plus souvent 4 *sépales en deux paires alternes, imbriqués dans le bouton*; en dedans du calice se trouvent 4 ou 5 pétales, puis des étamines toujours disposées en faisceaux. La graine a un embryon formé d'une *tigelle tuberculisée*, portant une radicule peu développée et, à l'autre extrémité, deux cotylédons écailleux rudimentaires, souvent complètement atrophiés.

Dans le genre *Ochrocarpus,* nous avons vu que le calice était *entièrement gamosépale* et, ultérieurement, s'ouvrait en deux valves plus ou moins régulières. Dans les espèces où elle est connue, la graine possède *deux cotylédons énormes* très développés, bourrés de réserves.

Cette graine n'est malheureusement pas connue dans les *Ochrocarpus decipiens* et *multiflorus,* mais on voit malgré cela que c'est une faute grave que de vouloir incorporer ces deux espèces dans le genre *Garcinia*. Vesque avait fait cette incorporation, car il croyait que les embryons étaient identiques dans les *Ochrocarpus* et *Garcinia* qui, pour lui, appartenaient à la même tribu, le second genre se trouvant en somme uniquement caractérisé par ses étamines en faisceaux.

Depuis que la véritable nature de l'embryon des *Ochrocarpus* est reconnue, la transposition très légitime des espèces faite par Vesque, ne saurait plus être acceptée.

Le tableau suivant énumère, en donnant leurs principaux caractères, les *Ochrocarpus* de la flore malgache.

A. Feuilles allongées, au moins quatre fois plus longues que larges.

1. Fleurs groupées. Limbe allongé-lancéolé, de 12 cm. de long sur 2 cm. à 2 cm. 5 de large. Nervures secondaires très rapprochées et aboutissant à une nervure marginale contiguë au bord .... *O. madagascariensis.*

2. Fleurs isolées. Limbe de 6 à 12 cm. de long sur 1 à 2 cm. de large ; à sommet presque obtus, plus arrondi que dans l'espèce précédente, à nervation plus serrée, nervures secondaires à peine plus visibles que les autres, et espacées, reliées entre elles par des arceaux vasculaires........ *O. angustifolius.*

B. Feuilles moins de quatre fois plus longues que larges.

I. Feuilles de 12 à 25 cm. de longueur.

1. Fleurs en cymes axillaires. Pétiole de 3 cm. de long ; limbe de 20 cm. de long sur 7 cm. 5 de large, arrondi ou émarginé au sommet. Cymes longuement pédonculées.............. *O. Goudotianus.*

2. Fleurs isolées.

a. Etamines en 4 faisceaux [sect. *Paragarcinia*]. Limbe oblong, aigu à l'extrémité, de 12 à 20 cm. de long, sur 4 cm. 5 à 7 cm. de large............ *O. macrophyllus.*

b. Etamines régulièrement disposées autour de l'ovaire. Limbe non aigu à l'extrémité. Fleurs poussant sur des rameaux dénudés.

Λ Limbe obovale de 20 à 28 cm. de long sur 8 cm. de large. Fleurs mâles avec étamines toutes soudées en une colonne sans rudiment d'ovaire. *O. Perrieri.*

Λ Λ Limbe de moins de 20 cm. de longueur. Pétiole très court (9 à 12 mm. de long). Limbe oblong cunéiforme de 13 à 18 cm. de long sur 5-6 cm. de large. Etamines libres......... *O. sanguineus.*

II. Feuilles de moins de 12 cm. de longueur.

1. Feuilles cordées ou tronquées à la base, sessiles, asymétriques ; 2 pétales lobés.............................. *O. subsessiliflorus.*

2. Feuilles non cordées à la base ; pétales non lobés.

a. Etamines nombreuses groupées en quatre (rarement en 5 à 8) faisceaux [*Paragarcinia*].

+ Calice non apiculé, de 3-4 mm. de long ainsi que les pétales ; fleurs mâles inconnues mais étamines réunies par petits groupes autour de l'ovaire dans la fleur femelle. Fleurs petites, valves du calice de 4 à 5 mm. de long. Limbe ovale-oblong, aigu ou acuminé, de 10 à 18 cm. de long sur 4 à 7 cm. de largeur .... *O. Jumellei.*

++ Calice apiculé au sommet.

Λ Limbe légèrement acuminé. Pétiole très court. Limbe elliptique lancéolé de 8 à 10 cm. de long sur 4 à 5 cm. de large. Valves du calice de 8 mm. de long sur 5 mm. de large. Etamines en 5 (plus rarement 6-8) faisceaux ; ovaire rudimentaire très développé.. *O. decipiens.*

ΛΛ Limbe non acuminé. Etamines en 4 faisceaux.

× Pétiole très court ; limbe obovale ou oblancéolé, cunéiforme à la base, obtus au sommet, de 3 cm. 5 à 6 cm. 5 de long sur 1 cm. 5 à 2 cm. 5 de large; fleurs petites................ *O. parvifolius.*

×× Pétiole de 1 cm. à 1 cm. 5 de long. Feuilles de plus de 6 cm. de long.

O. Feuilles oblongues-obovées de 10 à 12 cm. de long. sur 5 à 6 cm. de large. Cymes à rameaux 5-7 flores. Fleurs épanouies d'environ 2 cm. de large. *O. comorensis.*

OO. Feuilles oblongues de 7 à 10 cm. de long sur 3 à 4 cm. de large. Cymes à rameaux 1-3 flores. Fleurs épanouies d'environ 1 cm. 5 de large... *O. multiflorus.*

b. Etamines nombreuses non groupées en 4 faisceaux très nets.

● Feuilles aiguës ou un peu acuminées.

Λ Fleurs mâles souvent en petits fascicules ; fleurs femelles toujours isolées ; fleurs toujours de petite taille, les valves du calice et pétales atteignent au plus 5 mm. de long ; feuilles oblongues elliptiques souvent peu aiguës ; nervures latérales peu visibles et réseau tertiaire très serré. *O. eugenioides.*

∧ ∧ Fleurs toutes isolées. Feuilles obovales lancéolées, de 6 à 7 cm. de long sur 2 à 3 cm. de large; nervures latérales saillantes ; réseau tertiaire invisible...........................	*O. Chapelieri.*
●● Feuilles ni aiguës ni acuminées arrondies ou obtuses au sommet.	
∧ Limbe mince de 6 cm. de long sur 2 cm. 5 à 3 cm. de large, fortement obovale; nervures secondaires beaucoup plus saillantes que les tertiaires. Pédicelle floral long (15 mm.) articulé à une certaine distance de la base............................	*O. evonymoides.*
∧ ∧ Limbe coriace de 10 cm. de long sur 6 cm. de large; pétiole de 5 mm. de long ; pédicelle floral très court, non articulé ; calice rouge..........	*O. Bongo.*

Ce tableau montre que le genre est abondamment représenté à Madagascar.

Nous avons dû changer les noms d'un certain nombre d'espèces, en particulier des diverses espèces de la section *Paragarcinia* qui ont été décrites depuis que Vesque a introduit cette section dans le genre *Garcinia.*

Cette section comprend des espèces assez variées :

L'*Ochrocarpus macrophyllus* qui a des fleurs isolées atteignant 2 cm. 5 de large lorsqu'elles sont épanouies ;

l'*Ochrocarpus Jumellei (Garcinia ochrocarpoides* Jum. et Perr.) qui a des fleurs se distinguant de toutes les autres par le calice *non apiculé* au sommet; ces fleurs, de petite taille, ont été rangées dans le genre *Garcinia* (section *Paragarcinia,)* parce que les étamines ne sont pas régulièrement distribuées autour de l'ovaire, mais par petits groupes.

l'*Ochrocarpus decipiens* Baillon a des fleurs assez petites, les valves du calice atteignant 7 millimètres de long et des étamines réparties en 5 à 8 faisceaux autour d'un énorme rudiment d'ovaire.

l'*Ochrocarpus multiflorus* O. Hoffm. et l'*O. comorensis,* le premier à fleurs de 1 cm. 5 de diamètre, le deuxième à fleurs plus grandes et en cymes plus amples, sont assez voisins du précédent,

mais leurs étamines sont disposées en 4 faisceaux autour d'un rudiment d'ovaire.

L'*Ochrocarpus parvifolius* Scott Elliot a de petites fleurs atteignant à peine 1 centimètre de diamètre ; l'androcée y est également tétradelphe.

L'*Ochrocarpus Perrieri* nov. sp. (1) se distingue des précédents par ses fleurs mâles complètement dépourvues de rudiment d'ovaire et dont l'androcée est monadelphe ; les étamines y sont soudées en une colonne prismatique à base rectangulaire ; une petite cavité centrale, dans cette colonnette, est occupée vers la base par le sommet avorté de l'axe floral. Dans cette espèce, les fleurs sont isolées, poussant sur des rameaux dénudés et les feuilles sont beaucoup plus grandes que dans les plantes précédentes.

Enfin, l'*Ochrocarpus Bongo* nov. sp. (2) forme le passage avec les *Ochrocarpus* dont les étamines sont régulièrement disposées autour de l'ovaire. Ici, les étamines sont cohérentes vers la base en un mince *repli membraneux entourant l'ovaire* et, sans être groupées en faisceaux, elles ne sont pas réparties d'une manière parfaitement régulière autour de l'ovaire. Cette espèce peut être rangée indifféremment dans les deux sections du genre.

La section *Euochrocarpus* comprend toutes les autres espèces dont quelques-unes sont encore imparfaitement connues.

Genre *RHEEDIA*.

Le genre *Rheedia* est bien différent du genre *Ochrocarpus* qui vient d'être examiné. Il fait partie, ainsi que le genre *Garcinia,* qui compte également des représentants malgaches, de la tribu des Garciniées ; dans ces deux genres, l'embryon possède une énorme tigelle tuberculisée, où sont accumulées les réserves, tandis que les cotylédons sont réduits à de petites écailles ou même avortent complètement. Les espèces de ces deux genres sont donc, comme il a été dit, essentiellement différentes des *Ochrocarpus*.

Typiquement, les *Rheedia* possèdent un calice à deux sépales

(1) R. Viguier et H. Humbert, N° 849. Forêt d'Analamazaotra. Voir : l'*Agriculture pratique des Pays chauds,* 1914 et *Bulletin de la Société Botanique de France,* 1914.

(2) R. Viguier et H. Humbert. N° 850. Forêt d'Analamazaotra.

toujours bien distincts et de nombreuses étamines, libres, les *Garcinia* présentent un calice à 4 sépales et des étamines soudées en faisceaux ou réunies en masse. En réalité, on peut distinguer des intermédiaires entre les deux genres, et l'étude faite par un monographe de toutes les espèces dont quelques-unes sont très imparfaitement connues conduirait peut-être à réunir les deux genres en un seul ou à modifier leurs limites.

En effet, certains *Rheedia* ont deux petites bractées extérieures au calice et alternant avec les sépales ; la forme de ces bractées est souvent très différente de celle des sépales, mais dans certains cas en est très voisine. Dans ce dernier cas, les bractées peuvent être considérées comme les deux pièces externes d'un calice à 4 sépales et, par conséquent, les espèces présentant ce caractère peuvent être incorporées au genre *Garcinia*. Il existe, d'autre part, des espèces décrites et rangées dans le genre *Garcinia*, qui possèdent 2 sépales externes beaucoup plus petits que les internes et même des étamines libres. On voit, sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage, combien sont indécises les limites de ces deux genres.

Pour en revenir au genre *Rheedia*, il y a, en dedans des deux sépales et les dépassant longuement, 4 pétales puis de nombreuses étamines libres entourant un gynécée rudimentaire dans la fleur mâle, ou un ovaire couronné par un plateau stigmatique et surmontant un disque très prononcé, dans la fleur femelle. Planchon et Triana ont décrit deux espèces malgaches (*R. Commersonii* et *R. Pervillei*) qui ont été rangées plus tard par Vesque dans le genre *Garcinia*. En réalité, le *Rheedia Pervillei* présente des caractères si particuliers qne MM. Jumelle et Perrier de la Bâthie le considèrent comme type d'un genre nouveau *Tsimatimia*.

Ces deux derniers auteurs ont donné la description de deux véritables *Rheedia*, le *R. calcicola* et le *R. arenicola*.

A ces espèces il faut en ajouter une, que Drake del Castillo a nommé *Ochrocarpus Humbloti*, et qui, par ses sépales bien distincts, longuement dépassés par les pétales, doit être appelée *Rheedia Humbloti* nom. nov.

Il nous est possible d'augmenter cette liste de nouvelles espèces provenant de la grande forêt de l'Est.

La première espèce, le *Rheedia mangorensis* R. Viguier et Humbert, provient de la lisière de la forêt au voisinage de la dépres-

sion du Mangoro ; nous l'avons récoltée au bord de la Sahamarirana, entre Ampasimptosy et Bevalamirano, vers 900 m. d'altitude (R. Viguier et H. Humbert, N° 1011).

C'est un petit arbre, à rameaux assez grêles, d'environ 5 mètres de hauteur. Les feuilles opposées ont un pétiole court (5-7 mm. de longueur), un limbe coriace, entier, oblong, ou même un peu obovale, qui peut atteindre 8 cm, 5 de longueur et 3 cm, 5 de largeur, mais qui, plus souvent, a 5-6 cm. de long. sur 2 cm, 5 à 3 cm. de large ; les nervures secondaires ascendantes, qui partent très nombreuses et très serrées de la nervure principale, formant avec elle un angle de 30° environ, atteignent le bord du limbe en présentant tout du long de nombreuses ramifications et anastomoses.

Les fleurs sont les unes mâles, les autres hermaphrodites avec des étamines peut-être stériles. Elles sont disposées en petits faisceaux axillaires, le plus souvent sur les parties dénudées des rameaux.

Les fleurs hermaphrodites ont un long pédicelle glabre (2 cm.) ; en bouton, elles sont ovoïdes, 6 mm. de hauteur et 3 mm. de largeur. A leur base sont accolées deux petites bractées obtuses presque semicirculaires, de 1 mm. à 1 mm,5 de haut et 2 mm. de large. Il y a deux sépales verts, alternant avec les bractées, de 4 mm. de long et 3 mm. de large. La corolle comprend 4 pétales qui sont d'un blanc tirant un peu sur le jaune verdâtre ; les deux pétales externes alternent avec les sépales et les deux autres alternent avec les précédents et sont un peu différents comme forme, leur sommet, fortement concave, étant rabattu sur l'extrémité supérieure de l'ovaire comme une sorte de capuchon.

L'androcée comprend un cercle de nombreuses étamines libres. Ces étamines sont un peu inégales : les unes, plus petites, ont leur anthère logée dans l'espace laissé libre entre les deux étamines voisines un peu plus grandes.

Toutes ces étamines ont un filet blanc et des anthères d'un jaune brunâtre ; elles sont appliquées contre un beau disque d'un jaune safran vif de 1 mm. à 1 mm, 5 de haut, et atteignent l'étranglement séparant ce disque de l'ovaire.

L'ovaire ovale, de 2 mm, 5 de hauteur et 3 mm. de diamètre est d'un vert tendre et porte un plateau stigmatique blanchâtre, formant

une calotte obtuse, presque conique, de 2 mm. de diamètre et 1 mm. à 1 mm, 5 de hauteur.

Les fleurs mâles sont, en boutons, plus globuleuses que les fleurs hermaphrodites; il y a deux petites bractées semblables à celles que nous avons signalées dans les fleurs précédentes ; les sépales, de 3 mm. de hauteur et 3 mm, 5 de largeur environ, ont tout à fait l'aspect des bractées externes et sont légèrement apiculés.

Les étamines nombreuses et libres sont inégales ; les anthères sont généralement suborbiculaires et peltées, chaque demi-anthère est réniforme. Les plus grandes étamines ont à peu près 2 mm. de long.

Au centre se trouve, non pas un ovaire rudimentaire, mais le disque très développé, de 2 mm. de haut environ, reconnaissable à sa belle couleur jaune safran.

Le *Rheedia mangorensis*, par son port, ses inflorescences, l'aspect de ses fleurs épanouies à pétales renversés, rappelle tout à fait certaines espèces américaines du genre, comme le *Rheedia aristosa* Griseb. de l'isla de Pinos (Antilles), le *R. calyptrata* Pl. et Triana, et le *R. floribunda* PL. et Triana, ce dernier à feuilles bien plus grandes, du Brésil.

Cette espèce n'a pas, que nous sachions, encore été signalée ; examinons si la plante n'a pas fait l'objet d'une description incomplète de Baker qui l'aurait rangée dans le genre *Garcinia*, soit qu'il n'ait pas examiné les fleurs, soit qu'il ait considéré les deux bractées externes comme des sépales.

Il n'existe qu'un petit nombre de *Garcinia* malgaches qui présentent des feuilles coriaces possédant à peu près les dimensions de notre *Rheedia*.

On ignore comment sont constitués le calice, la corolle et les étamines des *Garcinia polyphlebia* et *orthoclada* décrits par Baker ; ces deux espèces ont des feuilles oblongues, obtuses, deltoïdes vers la base ; mais l'auteur dit, pour le *Garcinia orthoclada*, que les fleurs sont brièvement pédicellées, et, pour le *Garcinia polyphlebia* que le pédicelle a 1/3 de pouce, c'est-à-dire à peu près 5 mm. de long ; il ne s'agit donc pas de notre espèce dont les fleurs en fascicules ont un pédicelle grêle de 2 mm. de long.

Le *Garcinia pachyphylla* a, d'après Baker, des feuilles coriaces assez voisines de celles de notre espèce et des fleurs mâles à 4

sépales arrondis ; 4 pétales également arrondis, décussés comme les sépales; il est évident qu'ici non plus il ne peut être question de notre espèce car l'auteur n'aurait pu manquer de signaler qu'il y a 2 sépales externes très réduits, à peine visibles.

Pour les autres *Garcinia*, les différences avec le *Rheedia mangorensis* sont telles qu'il serait oiseux de les comparer.

La deuxième espèce, que nous appellerons *Rheedia Laka*, du nom indigène Laka (1), provient de la forêt d'Analamazaotra où nous l'avons récoltée vers 1.000 mètres d'altitude. (R. Viguier et H. Humbert, n° 1111).

C'est un arbre de 15 mètres de hauteur environ ; les feuilles coriaces, d'un vert sombre à la face supérieure, ont des nervures peu visibles à l'état frais ; le pétiole court, atteint au plus 1 centimètre de longueur ; le limbe oblong, allongé, atténué vers la base, et un peu moins vers le sommet où il est obtus, est complètement glabre. A l'état sec, les nervures secondaires saillent sur les deux faces ; elles sont espacées et forment avec la nervure médiane un angle de 50° environ, elles atteignent le bord du limbe sans s'anastomoser autrement que par des nervures tertiaires plus faibles ou par des nervures intermédiaires. Il a 7-8 centimètres de long sur 2 à 3 cm. de large, c'est-à-dire qu'il est toujours au moins 2 fois plus large que long. Nous ne possédons de cette espèce que le fruit qui est globuleux, de 1 centimètre de diamètre environ, surmonté d'un style court et d'un stigmate à 4 lobes. Il est moitié jaune, moitié rouge et luisant, ressemblant ainsi à une petite pomme. A la base de ce fruit deux sépales persistants nous font penser qu'il faut l'incorporer, au moins provisoirement, dans le genre *Rheedia*. Ces sépales n'ont pas, en effet, l'aspect des valves du calice des *Ochrocarpus;* nous avons du reste examiné l'embryon, qui présente une tigelle tuberculisée.

Cette espèce est peut-être voisine du *Garcinia aphanophlebia* de Baker dont les feuilles ont de 10 à 13 centimètres de long et 3 à 4 cm. de large ; dans cette espèce, en effet, il y a deux petits sépales et deux

(1) Les Sakalaves donnent, paraît-il, le nom de Laka au *Bernieria madagascarensis* H. Bn. qui est une Lauracée et au *Cynometra Commersioniana* H. Bn, qui est une Légumineuse (voir Dandouau, catalogue alphabétique des noms malgaches de végétaux, *Bul. Econom. Madagascar*, T. IX, 1911).

grands; ces derniers de 3 à 4 mm. de long; le fruit en est malheureusement inconnu.

Enfin, une troisième espèce (1) le *Rheedia excelsa*, dont nous ne possèdons pas les fleurs, est encore à distinguer; elle se rapproche surtout du *Rheedia Commersoni* Planchon et Triana qui, lui aussi, est très insuffisamment connu.

Le tableau suivant résume les divers caractères des *Rheedia* malgaches.

A. Feuilles très grandes, de 20 à 25 cm. de long, 11 à 13 cm. de large, présentant 15 à 20 nervures secondaires plus saillantes que les tertiaires à la face inférieure. Fleurs en cymes pauciflores ou isolées, presque sessiles. . . . . *R. Humbloti* nom. nov.

B. Feuilles ne dépassant pas 20 cm. de long et 6 cm. de large.

a. Pédicelle floral de 2 cm. de longueur. Fleurs en fascicules; 2 bractées semi-circulaires à la base du calice; limbe ayant en général 5-6 cm. de long sur 2,5-3 cm. de large. . . . . *R. mangorensis* nov. sp.

b. Pédicelle floral de 1 cm. de long au plus ou ne présentant pas de bractées à la base du calice.

+ 2 à 5 bractées à la base du calice. Limbe ovale aigu de 8 à 20 cm. de long sur 4 à 6 cm. de large; pétiole de 1 à 1 cm. 5 de long. . . . . *R. calcicola* J. et P.

+ + Pas de bractées à la base du calice.

1. Limbe 2 fois plus long que large;

Λ Limbe de 4 à 5 cm. de long et 2 cm. de large, luisant à la face supérieure. *R. arenicola* J. et P.

Λ Λ Limbe de 7 à 8 cm. de long et 2 à 3 cm. de large, non luisant à la face supérieure . . . . *R. Laka* Vig. et Humb.

2. Limbe en général moins de deux fois plus long que large.

Λ Limbe arrondi au sommet, de 5 à 12 cm. de long et 3,5 à 6 cm. de large; glandes non visibles; pédicelle de 14 mm. de long. . . . . *R. Commersoni* Pl. et Trian

(1) R. Viguier et H. Humbert, n° 1130. Forêt d'Analamazaotra.

A A Limbe présentant un mucron arrondi, à glandes visibles, à texture moins coriace........................ *R. excelsa* Vig. et Humb.

Les trois dernières espèces de ce tableau sont très imparfaitement connues.

Les limites de cette Note ne nous permettent pas de faire l'étude détaillée de ces diverses espèces ni des autres genres de Guttifères ; ce travail fera l'objet d'une publication ultérieure.

DESTRUCTION DES TÉTRANYQUES

PAR LA CHALEUR

par M. Paul VUILLEMIN

Correspondant de l'Institut.

On oppose volontiers les maladies des plantes causées par les Arthropodes aux maladies cryptogamiques, en considérant les premières comme liées à la sécheresse, les secondes à l'humidité.

Il est d'observation courante que les cultures ont particulièrement à souffrir des invasions de Tétranyques dans les stations sèches durant les années chaudes. Le Tabac, relativement réfractaire, fut violemment attaqué aux environs de Charleroi au mois de juillet 1893, au cours d'un été exceptionnellement chaud. Mais, tandis que le *Tetranychus telarius* exerçait ses ravages dans la vallée encaissée de la Sambre au-dessus de 100 m. d'altitude, Carl Mohr (1) voyait le Tabac indemne sous le climat maritime de Mons, à l'altitude de 26 m.

En 1895, MM. Lemoine, de Nancy, virent les cultures de *Montbretia crocosmiæflora* péricliter pendant une période de sécheresse persistant de juillet à septembre. Toutefois, ils soupçonnèrent une cause distincte des influences météorologiques, en remarquant que la maladie avait pris plus d'extension dans les terrains où les mêmes symptômes s'étaient déjà manifestés en 1894. Ils

(1) Carl Mohr. (*Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, 1894).

songèrent à l'intervention d'un parasite et me consultèrent à ce sujet.

Sur le lot qui me fut confié, certains pieds avaient la tige desséchée, les feuilles envahies par des *Cladosporium* et autres moisissures. Le bulbe, d'où sort la hampe florale, était ramolli par les bactéries ; la pourriture commençait à s'étendre à l'oignon inférieur.

Il s'agissait là d'altérations secondaires, cadavériques, dont on n'apercevait pas la trace dans les spécimens où le mal était moins étendu.

L'agent initial était le *Tetranychus telarius,* seul à l'œuvre sur les feuilles commençant à jaunir. L'Acarien se fixe à la surface ; la présence de corps chlorophylliens encore colorés dans son intestin révèle l'intensité de la succion.

La maladie débute par le sommet des feuilles extérieures sucées par le Tétranyque, s'étend de haut en bas et envahit les feuilles internes à mesure qu'elles se dégagent de la portion engaînante des feuilles plus anciennes. Les saprosites se développent ensuite sur le fumier abandonné par les Acariens et donnent le coup de grâce.

Les Glaïeuls se comportent comme les *Montbretia*, mais résistent mieux.

C'est un fait avéré que l'abondante multiplication des Tétranyques et leur action néfaste sur les plantes cultivées coïncident avec les années chaudes et sèches. On en a conclu que le remède devait être cherché dans le froid. Les aspersions d'eau froide et même glacée en été sont plus efficaces, d'après Peglion (1), que les antiseptiques.

Au lieu de combattre la maladie déjà déclarée, pendant la période d'activité de la plante et de son ennemi, on a songé à prévenir l'invasion en détruisant les Tétranyques par le froid dans leurs gîtes hivernaux. On a recommandé de travailler le sol en hiver pour exposer les larves à la gelée. Ce procédé paraît insuffisant si l'on tient compte de la biologie du parasite. C'est dans les échalas, les fissures d'écorce, sous les écailles des bulbes, que les larves issues de la génération automnale, après avoir traversé la phase hexapode et être devenues octopodes, cherchent un abri dès la fin d'août. A cet

(1) Peglion. *(Revista di Patologia vegetale*, vol. II, Avellino, 1893).

état de vie ralentie, les Tétranyques sont peu sensibles aux rigueurs de la saison. L'été de 1895, si fatal aux *Montbretia*, avait été précédé d'un hiver particulièrement rigoureux ; si les gelées avaient été tardives, la Meurthe était encore glacée le 1er mars.

Une observation récente m'a suggéré l'idée de chercher le remède aux maladies à Tétranyques, non dans l'action du froid, mais dans celle de la chaleur. Cette pensée n'a rien de paradoxal. Les Tétranyques, comme les autres êtres vivants, sont soumis à la loi de l'optimum thermique. La température favorable a sa limite supérieure. En voici la preuve.

Depuis de longues années les *Montbretia crocosmiæflora* cultivés dans mon jardin de Malzéville, en terre compacte, assez sèche, étaient la proie des Tétranyques. Finalement, un seul pied avait survécu. Abandonné à son sort, il était régulièrement envahi par les Tétranyques qui amenaient un desséchement prématuré ; il ne parvenait plus à fleurir.

La température torride des mois de juillet-août 1911, mit un terme prématuré à la végétation et l'on eut l'impression que la plante épuisée ne survivrait pas. Ces prévisions pessimistes ne se réalisèrent pas. Loin de là, le *Montbretia* repoussa avec vigueur en 1912, resta vert et couvert de fleurs toute l'année. Les fruits parvinrent à maturité. Il est encore plus robuste et plus florifère en 1913. Les parasites n'ont pas reparu.

Que s'était-il passé ? La chaleur qui n'avait frappé que la pousse aérienne de la plante, avait anéanti ses parasites. La génération d'automne qui donne les formes hivernantes ayant manqué, la migration vers les bulbes avait été supprimée. La chaleur excessive s'était montrée fatale aux Tétranyques.

L'application de la chaleur comme moyen thérapeutique est-elle possible ? On y a songé depuis longtemps. Sorauer (1) rapporte qu'on s'est bien trouvé de l'immersion de la couronne des plantes en pot dans l'eau à 40-45° c. Ce procédé n'est guère applicable aux cultures de pleine terre. Mais, connaissant les gîtes d'hiver où les larves bravent le froid, il est facile de les y attaquer par le chaud. Quand il s'agit d'espèces bulbeuses régulièrement envahies chaque été, l'hivernage se fait surtout dans les portions souterraines

(1) Sorauer. *Handbuch der Pflanzenkrankheiten*, 1886.

de la même plante. Dès que les *Montbretia*, *Gladiolus*, etc. commencent à présenter les atteintes de « *la grise* », on recueillera les bulbes à l'arrière-saison et, au cours de l'hiver, on les soumettra à une ou plusieurs immersions de courte durée dans l'eau à 40-45° c. Ce procédé simple de pasteurisation semble propre à les garantir de tout danger de rechute.

SUR QUELQUES PLANTES WEALDIENNES
RECUEILLIES AU PÉROU
PAR M. LE CAPITAINE BERTHON

par M. R. ZEILLER

Membre de l'Institut,

Professeur à l'École Nationale Supérieure des Mines.

Le travail qui va suivre avait été préparé, il y a plus de trois ans, pour être annexé à la thèse de doctorat de M. le Capitaine Berthon, (aujourd'hui Commandant). La rédaction de celle-ci ayant été interrompue par l'envoi de l'auteur au Maroc, M. le Capitaine Berthon, désireux de s'associer à l'hommage rendu à M. Gaston Bonnier, m'a très aimablement autorisé à disposer, pour le présent volume, de la Note consacrée aux végétaux fossiles rapportés par lui du Pérou et des clichés qu'il avait fait faire pour l'accompagner ; je lui en adresse ici mes plus vifs remerciements. Mais j'ai dû, à raison du temps écoulé, retoucher quelque peu ma rédaction primitive, afin de tenir compte, à propos de deux des espèces décrites, des observations publiées, postérieurement à la date de cette rédaction et à l'insertion d'une Note préliminaire aux *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* (1), par M. Ch. Bommer, d'une part, par M. H. Salfeld, d'autre part.

Les empreintes végétales, très nombreuses, dont M. le Capitaine Berthon a bien voulu me confier l'examen ont été recueillies par lui dans deux gisements différents : l'un est celui de la plage ou *Caleta*

(1) R. Zeiller, Sur quelques plantes wealdiennes du Pérou *(C. R. Ac. Sc.*, CL, 6 juin 1910, p. 1488-1490).

del Paraiso sur le littoral Nord de l'île San-Lorenzo, en face de Callao ; l'autre est celui de la colline de *Piñonate*, au Nord-Ouest et à très petite distance de Lima.

A la Caleta del Paraiso, les restes de plantes sont renfermés dans des argiles schisteuses blanches ou gris clair, et la matière végétale y est remplacée par une substance blanche fibreuse, souvent nacrée, qui paraît être une argile cristallisée. D'après les observations de M. le Capitaine Berthon, comme d'après celles de M. C. J. Lisson (1), les couches à plantes se montrent, à l'île San Lorenzo, intercalées entre des couches à *Trigonia Lorentii* Dana, situées immédiatement au-dessous d'elles, d'une part, et d'autre part, à leur toit, un système de couches renfermant des Ammonites du groupe des Hoplitidés, qui, d'après l'étude qu'en a faite M. Robert Douvillé, comprennent à la fois des types de la faune berriasienne (*Berriasella* sp., *Acanthodiscus Pflückeri* Lisson), et des types de la faune valanginienne (*Neocomites* divers).

A Piñonate, les couches à plantes sont des schistes d'un gris foncé tirant sur le brun ; la matière végétale y est remplacée par une substance ocreuse, d'un brun rougeâtre, qu'on prendrait pour de l'oxyde de fer, mais qui ne se laisse pas attaquer, même à chaud, par l'acide azotique.

Dans son ensemble, la flore, singulièrement peu variée d'ailleurs, est peu différente de l'une à l'autre des deux localités, et il est vraisemblable que celles-ci représentent, de part et d'autre de l'axe anticlinal de Lima, les deux versants d'une même couche.

Ces deux localités avaient été déjà explorées en 1903-1904 par M. le Professeur G. Steinmann (2), et les végétaux fossiles qu'il y a recueillis ont été étudiés par M. R. Neumann (3), qui y a signalé :

(1) C. J. Lisson, Contribucion à la geologia de Lima y sus alrededores, p. 83-84, 1907.

(2) C'est par erreur que la première d'entre elles a été désignée par lui sous le nom de « Caleta de los Presos » (Voir C. J. Lisson, *loc. cit.*, p. 22, 26).

(3) R. Neumann, Beiträge zur Kenntniss der Kreideformation in Mittel-Peru. (*Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont.*, XXIV. Beilage Bd., p. 69-88, p. 127-131 ; pl. I, II, 1907). M. Neumann indique dans ce travail (p. 127-128) les couches à plantes comme recouvertes immédiatement par des grès à *Trigonia Lorentii*, ce qui semble en contradiction avec ce que j'ai dit plus haut ; mais d'après M. Lisson l'espèce qu'on rencontre au-dessus de l'horizon à plantes est différente de celle qui se trouve au-dessous, et elle a été distinguée par lui (*loc. cit.*, p. 34, 84) sous le nom de *Trig. paradisensis*.

Weichselia Mantelli (Brongniart) Seward, *Equisetites Lyelli* Mantell, *Equisetites Peruanus* n. sp., *Otozamites Gœppertianus* (Dunker) Seward, *Zamiostrobus crassus* (Lindley et Hutton) Gœppert, *Zamiostrobus* aff. *index* Saporta, et *Rhynchogoniopsis neocomiensis* nov. gen., n. sp.

De ces sept espèces, trois : *Equisetites Lyelli, Zamiostrobus crassus, Rhynchogoniopsis neocomiensis*, ne se sont pas retrouvées parmi les échantillons de M. le Capitaine Berthon ; mais l'examen de ceux-ci m'a amené à constater que les dénominations des autres comportaient certaines rectifications, ainsi que je vais avoir occasion de le montrer en passant en revue les quelques espèces que j'ai reconnues ; j'indiquerai pour chacune d'elles les observations auxquelles elle donne lieu.

Sphenopteris Berthoni n. sp.

(Pl. 20, fig. 1, 1a)

Pennes (ou frondes ?) linéaires, à rachis lisse, aplati, large de 2 à 4 millimètres. Pinnules alternes ou subopposées, étalées-dressées, espacées d'un même côté de 15 à 20 millimètres, à contour rhomboïdal ou trapézoïdal, longues de 20 à 35 millimètres, larges de 12 à 20 millimètres, se touchant par leurs bords ou empiétant légèrement les unes sur les autres, palmato-pinnatifides, divisées en segments cunéiformes dressés ou étalés-dressés, une ou plusieurs fois dichotomes, les derniers larges de 1 mm. à 2 ^{mm}, 5 arrondis ou obtusément aigus à leur extrémité.

Limbe apparemment assez épais, à surface lisse ; nervation peu distincte, nervures se divisant par dichotomie sous des angles très aigus, les segments ultimes parcourus par une ou par deux nervules, suivant leur largeur.

Cette belle espèce est représentée par un seul échantillon, recueilli par M. le Capitaine Berthon à la partie supérieure du gisement de la Caleta del Paraiso. La roche en est assez différente de celle des autres empreintes du même gisement : c'est une argile bleuâtre, sur laquelle la plante se détache en brun assez foncé. On voit sur la fig. 1, pl. 20, les variations étendues de dimensions et d'aspect que présentent les pinnules, de l'une à l'autre des pennes qui s'observent sur cet échantillon. Sur l'un des bords, en effet, on a affaire à une penne à pinnules courtes, divisées seulement en trois ou quatre segments relativement larges, assez divergents, bifurqués ou profondément échancrés à leur sommet. La penne du bord opposé

de la plaque porte au contraire de très grandes pinnules, dont chacune offre de chaque côté trois segments latéraux, le plus bas, du côté inférieur, presque palmé, bifurqué à deux ou trois reprises à faibles intervalles, les suivants plus dressés et moins divisés, les uns et les autres se touchant par leurs bords.

Au milieu, enfin, est une penne garnie de pinnules de grande taille également, mais découpées en segments plus grêles, moins ramifiés, et plus séparés par conséquent les uns des autres.

La disposition relative de ces différentes pennes prouve qu'elles ne dépendaient pas d'un même rachis ; mais il est impossible de dire s'il s'agit là de pennes détachées ayant occupé des positions différentes sur la fronde, ou bien de frondes simplement pinnées, ou, plus exactement, bipinnatifides, plus ou moins profondément découpées. Dans ce dernier cas, l'espèce pourrait être, à ne tenir compte que des caractères des frondes stériles, classée dans le genre *Rhacopteris*, car on ne peut méconnaître les analogies qu'elle offre avec certaines espèces de ce genre, telles que le *Rhacopteris asplenites* Gutbier (sp.) du Westphalien (1) ou que les *Rhac. pachyrrhachis* Gœppert (sp.) et *Rhac. transitionis* Stur (2) du Culm. Il est vrai qu'à l'autre bout de l'échelle, on trouverait dans la flore vivante des formes ayant à peu près autant d'analogies apparentes avec l'espèce fossile péruvienne, notamment parmi les *Asplenium* et parmi les *Hymenophyllum*, ces derniers différenciés toutefois par la délicatesse de leur limbe.

Tout bien considéré, et eu égard au mode de terminaison des segments ainsi qu'à leur nervation, c'est avec le *Sphenopteris lepida* Heer, de l'Urgonien du Groënland (3), que l'espèce que je viens de décrire me paraît avoir le plus d'affinités ; elle s'en distingue toutefois par ses segments terminés en pointe moins aiguë, se bifurquant plus brièvement et sous un angle plus ouvert à leur extrémité ; de même le segment inférieur des pinnules se divise en lobes plus divergents, affectant une disposition presque palmée. Je dois faire

(1) Voir Potonié (*Abbildungen und Beschreibungen fossiler Pflanzen-Reste*, Lief. I, n° 1).

(2) Voir Stur., Culm-Flora, pl. VIII, fig. 8, 9; pl. VIII, fig. 5, 7, et pl. XXXII, fig. 14.

(3) O. Heer, Flora Fossilis arctica III, pt. 2, p. 58 (*Jeanpaulia lepida*), pl. II, fig. 1-14; VI, Abth. 2, p. 2 (*Sphenopteris lepida*), pl. III, fig. 4.

observer, d'ailleurs, que la reconstitution proposée par Heer (Vol. III, pl. II, fig. 14), et d'après laquelle les frondes ou pennes auraient eu un contour deltoïde, n'est justifiée par rien, les échantillons figurés montrant au contraire (notamment Vol. III, pl. II, fig. 2, et Vol. VI, pl. III, fig. 4) une disposition conforme à celle que l'on observe sur l'échantillon représenté ici (pl. 20, fig. 1).

En l'absence de données plus complètes et surtout de tout indice relatif au mode de fructification, qui seul permettrait un classement rationnel, je crois devoir me borner à ranger cette espèce sous le nom générique de *Sphenopteris*, et ne pouvant l'identifier à aucune forme déjà connue, je suis heureux de la dédier à M. le Capitaine Berthon, par qui elle a été découverte à la Caleta del Paraiso.

Sphenopteris (Ruffordia) Gœpperti Dunker.

(Pl. 20, fig. 2)

Cette espèce s'est trouvée représentée à Piñonate par un seul échantillon, qui montre quelques menus fragments de pennes accumulés les uns contre les autres et par suite assez difficilement discernables. La fig. 2, pl. 20, reproduit les plus nets d'entre eux, sur lesquels on distingue suffisamment bien leurs petites pinnules ovales-cunéiformes, étroitement dressées, et décurrentes à leur base, pour pouvoir s'assurer de leur parfaite conformité avec plusieurs des figures qui ont été publiées de cette espèce (1) ; il ne saurait donc y avoir de doute sur leur attribution.

Pecopteris (Klukia) cf. Browniana Dunker

(Pl. 21, fig. 1, et fig. A à C.)

Les plaques de schiste de Piñonate renferment, à côté des pennes de *Weichselia* dont je parlerai tout à l'heure, un grand nombre de fragments de pennes fertiles d'une Fougère pécoptéroïde qui me semble très voisine pour le moins du *Pec. Browniana* Dunker, sans que j'ose cependant la lui identifier. Ces fragments de pennes, presque toujours très incomplets, affectent une largeur de 5 à 9 mil-

(1) Voir A. C. Seward, The Wealden Flora, pt. I, p. 76, *Ruffordia Göpperti*. pl. III, fig. 5, 6; pl. IV, pl. V, pl. VI, fig. 1 ; plus spécialement pl. V, fig. 1. — Voir également C. von Ettingshausen, *Abhandl. k. k. geol. Reichsanstalt*, I, Abth, 3, Nr. 2, pl. IV, fig. 5 (sous le nom de *Sphen. Jugleri*).

limètres et sont composés de pinnules étalées-dressées, arrondies au sommet, longues de 3 millimètres, plus généralement 3^{mm}, 5, à 4^{mm}, 5 ou 5 millimètres, avec une largeur de 1^{mm}, 5 à 1^{mm}, 75 ; elles se touchent par leurs bords sur la plus grande partie de leur longueur et sont couvertes de sporanges sur toute leur surface, à la seule exception de la région arrondie du sommet. En les examinant avec un grossissement suffisant, surtout sur les empreintes en creux, plus finement conservées que les moulages en relief, on voit que ces sporanges sont disposés en deux séries parallèles, de 4 à 7 chacune, de part et d'autre de la nervure médiane (voir fig. A). Ils affectent une forme ovoïde, avec une longueur de 0^{mm}, 75 à 0^{mm}, 80 ou 0^{mm}, 90 et un diamètre de 0^{mm}, 5 ; ils sont généralement couchés sur le limbe, dirigés obliquement par rapport à l'axe de la pinnule, tournant vers lui leur extrémité la plus étroite, laquelle est munie d'un anneau apical de cellules épaissies tel qu'en possèdent les sporanges des Schizéacées (voir fig. B[1]). Un certain nombre de ces sporanges avaient leur axe normal au limbe et n'ont laissé sur la roche que l'empreinte de leur coiffe apicale, formée de 14 à 16 cellules rayonnantes circonscrivant une petite plage circulaire, évidemment formée de cellules non épaissies, conformément, toujours, à ce qu'on observe chez les Schizéacées (voir fig. B_2). Ces pinnules fertiles offrent ainsi tous les caractères du genre *Klukia,* tel que l'a reconnu et défini M. Raciborski sur des échantillons du Lias inférieur de Cracovie. Quelques sporanges mieux conservés laissent voir en outre à leur surface un réseau de cellules plus petites, mais beaucoup moins nettes que celles de la coiffe ; assez souvent aussi, mais plus rarement, le sporange est marqué sur toute sa longueur d'une ligne médiane continue, qui apparaît légèrement saillante sur l'empreinte en creux, et qui correspond évidemment à la fente longitudinale observée également par M. Raciborski.

Fig. — A. *Pecopteris (Klukia)* cf. *Browniana* Dunker. — Empreinte d'un fragment de penne fertile, grossie 2 fois. Piñonate.

Une ou deux de ces pennes se sont montrées stériles dans leur portion inférieure (fig. C), avec des pinnules un peu plus arquées et plus effilées vers leur sommet que les pinnules fertiles, et légèrement soudées entre elles à leur base ; j'ai observé en outre quelques

rares pennes entièrement stériles, offrant les mêmes caractères (fig. 1, pl. 21) et appartenant certainement à la même espèce.

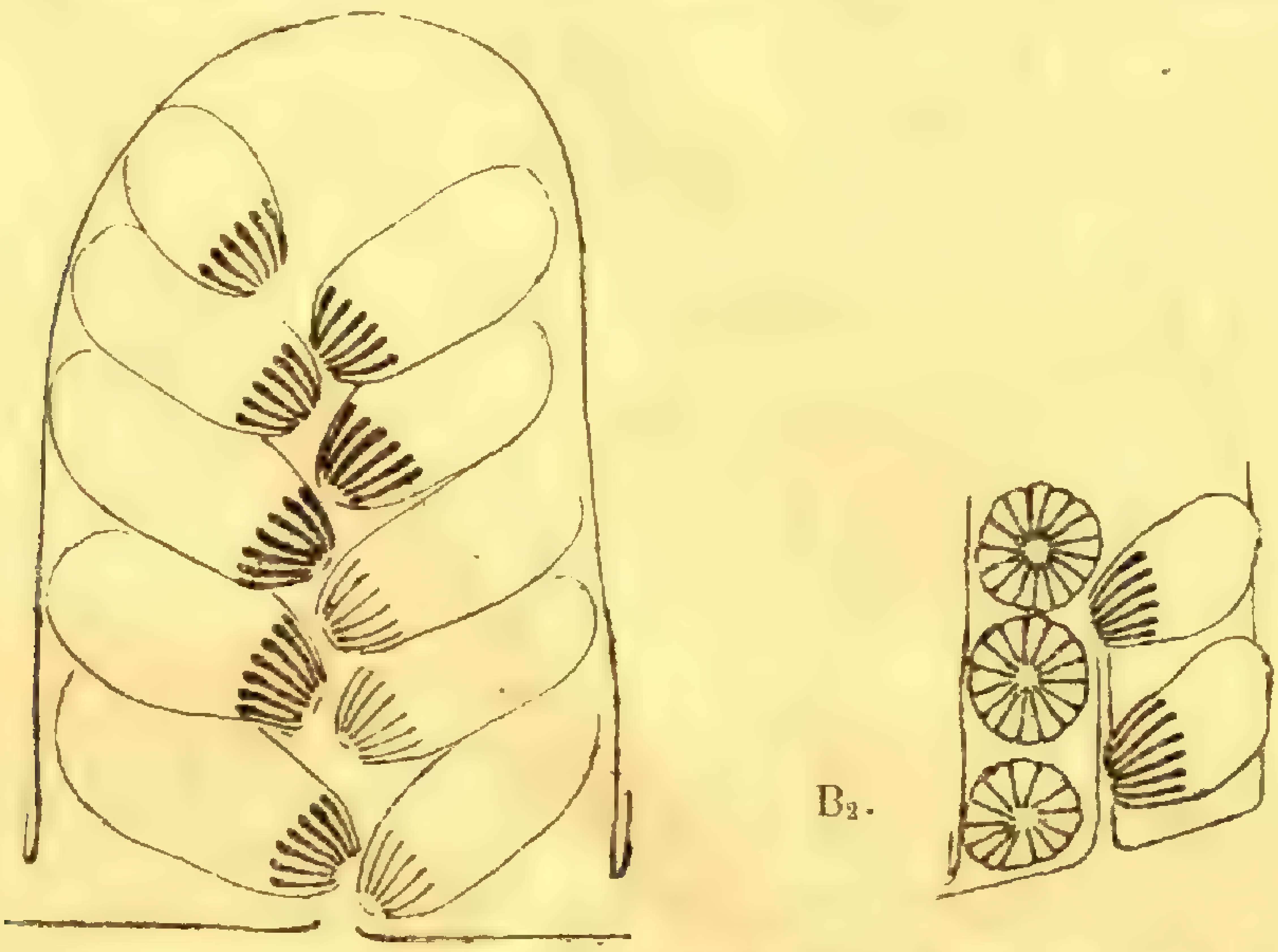
B₁.  B₂.

Fig. B₁, B₂. — *Pec. (Klukia)* cf. *Browniana* Dunker. — Empreintes de pinnules fertiles, grossies 16 fois. Piñonate.

La nervation étant indistincte, à la seule exception de la nervure médiane, elle-même à peine visible, il est difficile d'identifier spécifiquement ces fragments de pennes. Ils ressemblent cependant assez aux échantillons de *Pec. Browniana* figurés notamment par Schenk et par M. A. C. Seward (1) pour que je les regarde comme étant au moins très voisins de cette espèce. Il est vrai que, d'après M. Yokoyama, le *Pec. Browniana* aurait eu des sores ponctiformes rappelant ceux des *Aspidium* (2); mais on peut se demander si les échantillons de Kaisekiyama et de Shiraisigawa figurés par lui sous ce nom (3), et montrant de grandes pinnules plurilobées à lobes arrondis faiblement saillants, appartiennent bien à cette espèce, à laquelle je rapporterais, d'ailleurs, avec lui les échantillons de Fujikawa (4)

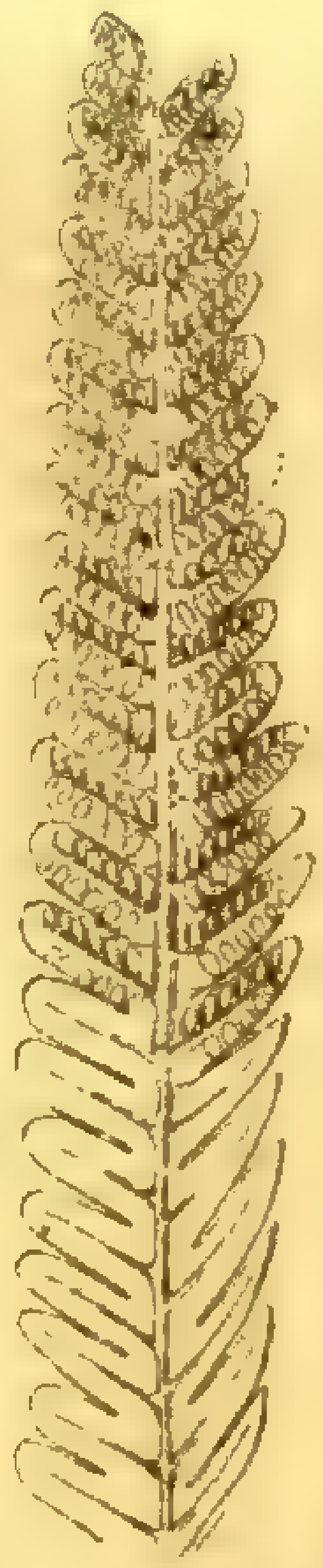


Fig. C. - *Pec. (Klukia)* cf. *Browniana* Dunker. — Penne stérile dans sa région inférieure. Grossie une fois et demie. Piñonate.

(1) Schenk, *Palæontographica*, XIX, pl. XXVI, fig. 2. — A. C. Seward, *The Wealden Flora*, pl. VII, fig. 4.

(2) M. Yokoyama, *Journ. College of Science*, VII, p. 219, pl. XXVII, fig. 1, 1a.

(3) *Ibid.*, pl. XXVII, fig. 1-4.

(4) *Ibid.*, pl. XXIV, fig. 2, 3.

qu'il a figurés dans le même travail et avec lesquels concordent également bien les pennes stériles de Piñonate dont j'ai parlé tout à l'heure.

Quoiqu'il en soit, ces fragments de pennes sont trop incomplets pour que je puisse conclure à leur égard à autre chose qu'à un rapprochement; mais ils offrent en tout cas cet intérêt, qu'ils établissent l'existence, à l'époque wealdienne, du genre *Klukia*, qu'on n'avait observé jusqu'ici qu'à l'époque liasique.

Weichselia peruviana Neumann (sp.).

(Pl. 21, fig. 2 à 13, et fig. D_1, D_2, E)

Weichselia Mantelli, Neumann (*non* Brongniart sp.), *Neues Jahrb. f. Min.*, Beil. Bd., XXIV, p. 74, pl. I, fig. 1, 1*a*, 1*b*.

Equisetites Peruanus (1), Neumann, *ibid.*, p. 78, pl. II, fig. 1.

Weichselia reticulata Zeiller (*non* Stokes et Webb. sp.), *C. R. Acad. Sc.*, CL, p. 1488.

Cette Fougère, que j'avais tout d'abord, comme M. Neumann, identifiée au *Weichselia Mantelli* Brongniart (sp.) (*W. reticulata* Stokes et Webb sp.), est extrêmement abondante à Piñonate et à la Caleta del Paraiso ; dans cette dernière localité, elle se rencontre en général sous la forme de fragments de frondes plus ou moins étendus, avec les pennes de dernier ordre encore attachées au rachis ; à Piñonate, les débris végétaux sont plus dissociés : les rachis encore garnis de pennes sont moins fréquents, tandis que les pennes détachées se montrent disséminées en grand nombre à la surface des plaques de schiste ; avec elles, on trouve des rachis de dimensions diverses, que j'ai pu reconnaître comme appartenant à la même espèce, ainsi que je le dirai tout à l'heure.

M. R. Neumann a figuré quelques échantillons de cette Fougère, tant fertiles que stériles, provenant de la Caleta del Paraiso ; mais sur les échantillons de cette provenance, la matière végétale est remplacée, comme je l'ai dit, par de l'argile cristallisée, et la nervation est bien rarement nette ; les anastomoses des nervures sont généralement très confuses, et les figures grossies qu'a publiées M. Neumann peuvent, comme les échantillons eux-mêmes, laisser quelques

(1) C'est sans doute par suite d'un lapsus que l'auteur a écrit *Peruanus*, au lieu du mot classique *Peruvianus*, d'usage courant dans la nomenclature botanique.

doutes sur la réalité d'une réticulation. Aussi ne me paraît-il pas inutile de donner ici les figures de quelques pinnules mieux conservées, à nervation plus distincte, que j'ai pu observer sur les échantillons de Piñonate, bien que sur ceux-ci également la netteté de la nervation laisse souvent à désirer : on voit sur ces figures les nervures s'anastomoser en formant de grandes aréoles (fig. D_1, D_2) dont la disposition, rappelant celle des *Lonchopteris* houillers, est exactement conforme à ce que l'on observe chez le *Weischselia reticulata* du Wealdien d'Europe. Le port des fragments de frondes un peu étendus, avec leurs très longues pennes de dernier ordre se touchant par leurs bords, est également semblable à celui des pennes de cette espèce. Quelques échantillons, tels que celui de Piñonate représenté fig. 2, pl. 21, montrent les pinnules basilaires de ces pennes assez fortement réfractées, et couvrant ainsi le rachis commun : c'est là un caractère qui n'a pas, à ma connaissance, été signalé chez le *W. reticulata;* il n'apparaît toutefois pas assez constant sur les échantillons péruviens, et il ne semblerait pas assez important, pour légitimer une différenciation spécifique. Mais il n'en est plus de même lorsqu'on examine les pennes fertiles et qu'on les compare à celles des gisements européens.

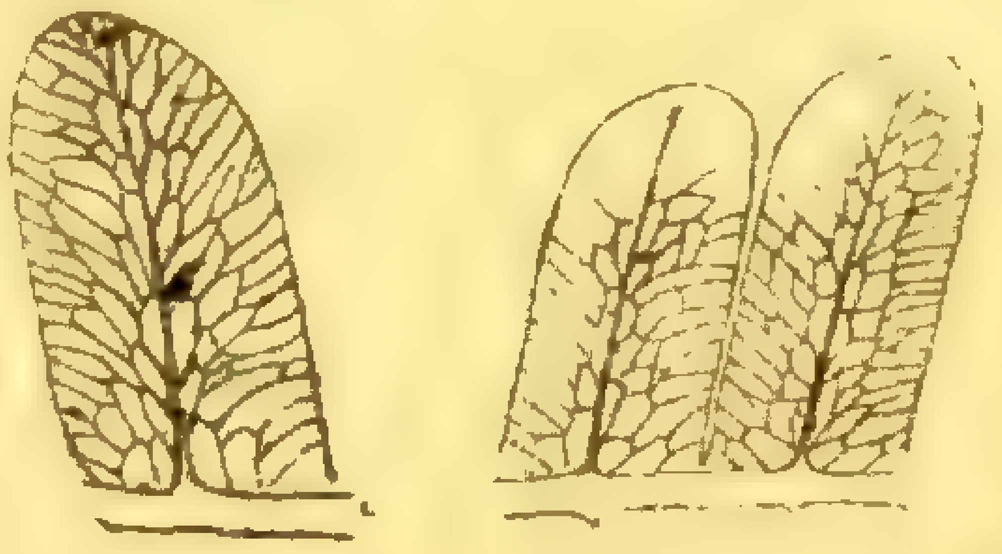


Fig. D_1, D_2. — *Weichselia peruviana* Neumann (sp.). — Pinnules stériles, grossies 3 fois. Piñonate.

M. Ch. Bommer a montré en effet (1) que ces dernières sont dépourvues de limbe, tandis que les pennes fertiles des gisements du Pérou offrent un limbe aussi développé que les pennes stériles, ainsi que le montrent les figures publiées par M. Neumann et celle que je donne moi-même fig. 3. pl. 21. L'espèce péruvienne doit donc être distinguée du *W. reticulata*, malgré l'identité apparente de leurs pennes stériles, et recevoir un nom différent; je dirai plus loin quel est le nom spécifique qui doit lui être imposé.

Bien que ces fragments de pennes fertiles soient relativement fréquents, je n'ai pu, sur aucun d'eux, observer la face inférieure des pinnules de manière à pouvoir me rendre compte de la constitu-

(1) C. Bommer, Contribution à l'étude du genre *Weichselia* (note préliminaire) (*Bull. Soc. roy. de Bot. de Belgique,* XLVII, 1910, p. 296-304, 1 pl.).

tion de l'appareil fructificateur. On n'a jamais affaire, en effet, qu'à la face supérieure du limbe ou à son moulage, et l'on ne peut y reconnaître que la position et la forme générale des sores, indiqués sur cette face supérieure par des dépressions arrondies, disposées en deux séries parallèles de part et d'autre de la nervure médiane et très rapprochées d'elle, conformément à ce qu'a figuré M. R. Neumann (1). L'un des meilleurs échantillons recueillis par M. le Capitaine Berthon est celui que je représente sur la fig. 3, pl. 21, et dont les sores, très développés, au nombre de 4 à 5 de chaque côté de la nervure médiane, atteignent $0^{mm},8$ de diamètre, et apparaissent fortement saillants; au premier abord, on croirait avoir affaire à la face inférieure du limbe, et voir les sores eux-mêmes en relief, mais un examen plus attentif montre que les nervures se continuent sur eux, et qu'il s'agit, ici encore, d'un simple moulage de la face supérieure. On peut dire seulement que ces sores semblent très analogues, comme aspect général, à ceux qu'a observés M. Bommer (2) chez les *Weichselia* de Bernissart, sauf que ces derniers sont deux ou trois fois plus gros; mais il est impossible de tirer des échantillons péruviens aucun renseignement sur la constitution des sporanges et sur la place systématique à attribuer à cette Fougère.

Les schistes de Piñonate renferment, associés à ces fragments de frondes de *Weichselia*, un certain nombre d'axes, larges de 8 à 15 millimètres, plus ou moins nettement striés en long, dont les empreintes sont marquées, suivant leur ligne médiane, parfois quelque peu à droite ou à gauche de celle-ci, d'une série longitudinale de dépressions ponctiformes distantes de 8 à 10 millimètres, ainsi qu'on peut le voir sur la figure 4, pl. 21. L'espacement de ces sortes de cicatrices concordant avec celui des pennes latérales du *Weichselia* en question, j'ai pensé qu'on devait avoir affaire là à des fragments de rachis ayant porté les pennes détachées qu'on trouve à côté d'eux, et dont la dissémination sans ordre prouve qu'elles devaient être naturellement caduques, comme le sont celles de certaines Fougères vivantes, de l'*Alsophila aspera* Br., par exemple. Une recherche suffisamment prolongée m'a fait découvrir en effet deux ou trois de ces fragments d'axes, sur lesquels la série

(1) R. Neumann, *loc. cit.*, pl. I, fig. 1 *a*, 1 *b*.
(2) Ch. Bommer, *loc. cit.*, fig. 1 à 4.

longitudinale de dépressions se montre très rapprochée de l'un des bords de l'organe, tandis que sur le bord opposé les pennes de *Weichselia* apparaissent encore attachées, et bien reconnaissables ; c'est ce que montre la fig. E, et c'est bien à cette Fougère, par conséquent, qu'appartiennent les axes dont il s'agit, représentant les rachis auxquels s'attachaient les pennes de dernier ordre.

On trouve en outre à Piñonate, et en assez grande abondance, des axes beaucoup plus gros, larges de 2 à 5 centimètres, marqués de côtes longitudinales continues très régulières, qui leur donnent au premier coup d'œil toute l'apparence de tiges d'Equisétinées ; ce sont ces axes que M. R. Neumann a décrits et figurés sous le nom d'*Equisetites Peruanus,* tout en faisant observer que sur aucun échantillon il n'avait pu reconnaître d'articulation ; il en concluait que les entre-nœuds avaient dû mesurer au moins 12 centimètres, cette longueur étant celle des tronçons les plus longs qu'il avait eus sous les yeux.

Fig. E. — *W. peruviana* Neumann (sp.) — Axe d'une penne primaire garnie d'un seul côté de ses pennes latérales. Grand. nat.. Piñonate.

Parmi les échantillons recueillis à Piñonate par M. le Capitaine Berthon, il est de ces tronçons qui atteignent jusqu'à 18 centimètres de longueur, toujours sans articulation, car si quelques-uns d'entre eux peuvent sembler articulés, il suffit d'un peu d'attention pour reconnaître qu'il ne s'agit là que de cassures transversales, purement accidentelles, et qui, le plus souvent, se continuent dans la roche à droite et gauche. Or la grande longueur des entre-nœuds ne saurait expliquer l'absence de tronçons correspondant aux nœuds, et si longs que soient les entre-nœuds de l'*Equisetites Mougeoti* Schimper et Mougeot (sp.) *(Calamites arenaceus* Auct.), on sait qu'on trouve dans le Grès bigarré, ainsi que cela est naturel, tout autant de tronçons correspondant à des nœuds, que de tronçons d'entre-nœuds sans articulations.

D'autre part, en examinant avec attention et en nombre suffisant les échantillons en question, on reconnaît que si les côtes longitudinales dont ils sont munis se montrent, par places, égales entre elles

et toutes semblables, comme cela a lieu chez les Equisétinées, en d'autres points et le plus souvent elles offrent un aspect tout autre que celui des Équisétinées, étant de largeurs inégales, une côte fine alternant régulièrement avec une côte large. C'est ainsi, par exemple, que sur l'échantillon dont la fig. 6, pl. 21, représente un court tronçon, on voit du côté gauche, à trois ou quatre côtes larges les unes et les autres de 0^{mm},5, et distantes, d'axe en axe, de 1 millimètre, succéder des côtes franchement inégales, les unes larges de 0^{mm},5, espacées d'axe en axe de 1^{mm},4, et comprenant entre elles, dans chaque intervalle, une côte de 0^{mm},3, flanquée de deux sillons ou, plus exactement, de deux bandes planes de 0^{mm},3 chacune. Si l'on suit l'échantillon dans le sens longitudinal, on voit parfois une ou plusieurs de ces côtes fines s'effacer, les côtes larges étant alors séparées par des sillons de 0^{mm},9 de largeur, conformément à ce qu'a observé M. R. Neumann, qui indique une largeur de 0^{mm},5 pour les côtes et de 1 millimètre pour les sillons.

On constate en outre, sur ce même échantillon, que la surface épidermique se montre marquée sur toute son étendue de très fines stries longitudinales, indiquant un réseau de cellules étroites allongées parallèlement à l'axe de l'organe, et absolument semblables sur les côtes et sur les sillons, tandis que sur les tiges d'Equisétinées, qu'il s'agisse d'*Equisetum*, de *Calamites* ou de *Schizoneura (Neocalamites)*, les côtes et les sillons, examinés sous un grossissement suffisant, sont loin, généralement, d'offrir un aspect identique.

Quelquefois, comme sur l'échantillon de la fig. 7, pl. 21, qui montre les mêmes variations que le précédent en ce qui regarde la largeur des côtes, celles-ci s'effacent sur une étendue plus ou moins considérable, et le tronçon devient alors tout à fait lisse, présentant seulement la fine striation longitudinale dont je viens de parler.

Un autre échantillon, partiellement représenté fig. 8, pl. 21, m'a montré, au-dessous de la surface extérieure, faiblement costulée, une assise plus interne, marquée de stries parallèles beaucoup plus fines et plus rapprochées, paraissant indiquer l'existence de faisceaux grêles courant les uns à côté des autres à assez faible profondeur.

Sur d'autres, tels que celui de la fig. 11, pl. 21, et qui paraissent dépouillés de leur épiderme, on voit par places certaines côtes man-

quer sur une longueur variable, comme si elles avaient été arrachées et brisées, ce qui prouve péremptoirement qu'il ne s'agit pas là de côtes superficielles comme chez les Équisétinées, mais suggère l'idée de cordons sous-épidermiques, tels que des faisceaux libéro-ligneux, ou plus vraisemblablement des faisceaux de sclérenchyme constituant un appareil de soutien. Ces faisceaux n'apparaîtraient à l'extérieur que par suite de compression ou de dessiccation ayant fait se mouler sur eux la zone épidermique, qui autrement serait restée lisse, comme on l'observe notamment sur une partie de l'échantillon fig. 7, pl. 21.

J'ajoute qu'inversement, sur certains tronçons, ces côtes apparaissent au contraire avec un relief plus accusé, et en même temps moins serrées, comme sur celui de la fig. 9, pl. 21, où les grosses côtes, distantes d'axe en axe de 3^{mm}, 5, atteignent 1^{mm}, 25 de largeur, et les côtes plus fines comprises entre elles 0^{mm}, 5 à 0^{mm}, 75.

Toutes ces observations écartent, sans qu'il soit besoin d'y insister davantage, l'attribution aux Equisétinées, et l'interprétation de ces fragments d'axes demeurait pour moi énigmatique lorsque, reprenant l'examen de ces échantillons de Piñonate, j'ai remarqué, sur plusieurs des rachis de *Weichselia* portant ou ayant porté les pennes de dernier ordre, une ornementation identique.

C'est ainsi que sur l'échantillon fig. 10, pl. 21, on voit un rachis de 7 millimètres de largeur, portant latéralement des bases de pennes avec pinnules encore en place, et présentant sur toute sa longueur de fines côtes saillantes équidistantes, parfaitement régulières et continues, espacées de 0^{mm}, 5, et comprenant entre elles des bandes planes d'environ 0^{mm}, 4 de largeur.

Il en est de même sur le rachis de la fig. 5, pl. 21, large de 13 millimètres et marqué d'une file longitudinale de cicatrices équidistantes, qui se montre parcouru par des côtes espacées d'axe en axe de 1 millimètre, larges de 0^{mm},20 à 0^{mm},25, comprenant entre elles des bandes planes ou très faiblement bombées. La région correspondant aux insertions des pennes apparaît dépourvue de côtes sur une largeur de 3 à 4 millimètres ; il en est également ainsi sur l'échantillon fig. 4, pl. 21, où les côtes longitudinales sont, d'ailleurs, moins nettes.

L'identité parfaite, sur les deux groupes d'organes, de cette ornementation si particulière, avec ces côtes longitudinales courant

indéfiniment, pour ainsi dire, parallèlement les unes aux autres, ne permettait pas de douter qu'ils aient appartenu à la même plante, et qu'il fallût voir en eux des rachis d'ordre différent du *Weichselia* en question. L'idée la plus naturelle était de penser que cette Fougère avait eu des frondes tripinnées, que les plus gros de ces axes représentaient des tronçons du rachis principal, et les autres des rachis secondaires. En ce cas, une partie des tronçons du rachis principal devaient offrir des traces de ramification, correspondant aux insertions des pennes primaires, et la recherche que j'ai faite à cet égard, en dégageant un certain nombre d'entre eux, m'a amené à découvrir en effet, sur quatre de ces tronçons, des cicatrices rapprochées deux par deux, à contour ovale-allongé, et de longueur concordant bien avec la largeur des rachis des pennes primaires bipinnées.

La fig. 12, pl. 21, représente l'un de ces tronçons, qui, d'après sa largeur relativement faible, d'environ 2 centimètres, devait être placé assez haut sur le rachis principal ; la costulation, quoique bien visible, avec sillons distants de 1 millimètre, n'y est pas très accentuée ; l'épiderme paraît conservé et présente la même striation longitudinale très fine que j'ai déjà signalée chez les échantillons des fig. 6 et 7, pl. 21. On y remarque, en outre, des cicatrices ponctiformes, ou plus exactement de petits traits verticaux, fins et courts, qui devaient correspondre à l'insertion de poils ou d'écailles. Les deux cicatrices, hautes de 6 à 7 millimètres sur $2^{mm},5$ à 3 millimètres de largeur, sont placées sur deux génératrices espacées de 1 centimètre, et sont distantes verticalement de 17 millimètres l'une de l'autre, de centre en centre ; elles sont marquées de très fines dépressions ponctiformes à peine visibles, distribuées sans ordre apparent et qui doivent correspondre vraisemblablement au passage des faisceaux libéroligneux. Les côtes les plus voisines à droite et à gauche s'infléchissent légèrement à la hauteur de la cicatrice, tandis que celles du dessus et du dessous s'effacent complètement.

Sur l'empreinte d'un autre tronçon plus gros, à costulation presque indistincte, les cicatrices, hautes de 8 millimètres sur 4 de largeur, distantes verticalement de 35 millimètres et transversalement de 20 millimètres, m'ont offert des dépressions ponctiformes beaucoup plus accentuées et plus nombreuses, ainsi que le montre la fig. 13, pl. 21, qui représente l'une de ces cicatrices ; j'ai

pu, en partant de l'autre, dégager la base d'une ramification qui s'en détachait, mais qui n'était conservée que sur 5 millimètres de longueur.

Sur les deux autres tronçons les cicatrices sont réunies par paire à la même auteur et très rapprochées dans le sens transversal.

J'ai été ainsi conduit à admettre, ainsi que je l'ai dit dans la note préliminaire à laquelle j'ai déjà fait allusion (1), que ces divers fragments d'axes correspondaient, les uns au rachis principal, les autres aux rachis secondaires de grandes frondes tripinnées, à pennes primaires subopposées. Si cette conclusion est exacte, le *Weichselia* des gisements péruviens aurait eu des frondes très différentes, comme constitution, de celles du *Weichselia* des gisements d'Europe, puisque M. Bommer a observé chez celui-ci (2) des frondes à *ramification palmée, à pennes primaires rayonnant du* sommet d'un pétiole commun. Cette différence de constitution des frondes, entre deux espèces qui, autant qu'on en peut juger, semblent bien, d'après l'étroite ressemblance de leurs pennes primaires, devoir appartenir à un même genre naturel, n'a, au surplus, rien d'invraisemblable, et l'on en observe tout autant dans le genre actuel *Adiantopsis,* où l'*Ad. radiata* Fée est seul à offrir des frondes à ramification palmée et diffère ainsi de tous ses congénères.

Je ne saurais toutefois affirmer, sans autre preuve, que le *Weichselia* du Wealdien du Pérou ait eu réellement des frondes tripinnées, les fragments d'axes que j'ai considérés comme correspondant au rachis principal pouvant peut-être correspondre à des pétioles de frondes palmées, tels que ceux que M. Bommer a observés à Bernissart ; mais alors les cicatrices que présentent ces axes (fig. 12 et 13, pl. 21) ne pourraient plus être interprétées comme des cicatrices d'insertion de pennes primaires, ainsi que cela semblait naturel, et l'on ne voit guère quelle en serait la signification, à moins qu'il faille, malgré plus d'une dissemblance, les comparer à celles que M. Bommer a reconnues, non pas, il est vrai, sur les rachis, mais sur les tiges mêmes de ses *Weichselia,* et dans lesquelles il incline à voir des organes aérifères spéciaux (3), ou

(1) R. Zeiller. *(C, R. Ac. Sc.,* 6 juin 1910).
(2) C. Bommer, *loc. cit.*
(3) C. Bommer, *loc. cit.,* fig. 13, fig. 14-16.

encore à ce qu'il a appelé des ramifications « porte-racines ».

Dans tous les cas la costulation régulière observée sur ces axes concorde bien, quelle qu'en soit l'interprétation, avec la structure observée par M. Bommer sur les pétioles et les tiges qu'il a étudiés, et qui lui ont offert des faisceaux libéroligneux indépendants rangés en cercles concentriques et alternant, au moins à la périphérie, avec des canaux gommeux accompagnés de tissu sclérenchymateux. Une telle structure me paraît de nature à faire songer aux Marattiacées plutôt qu'aux Matoniées, que M. Bommer indique comme terme principal de comparaison, tout en reconnaissant des analogies, mais plus vagues suivant lui, avec les Marattiacées. Je signalerai notamment, à ce point de vue, une observation que j'ai pu faire sur des préparations de rachis d'*Angiopteris erecta* larges d'un peu plus d'un centimètre, que m'a obligeamment communiquées M. F. Pelourde, et sur lesquelles j'ai constaté la présence, à la périphérie, d'un cercle de faisceaux de sclérenchyme entourant chacun un canal gommeux et assez régulièrement espacés de $0^{mm},30$ à $0^{mm},40$, les uns libres, les autres partiellement soudés à la zone externe sclérifiée de l'écorce ; des coupes tangentielles montrent ces faisceaux courant parallèlement les uns aux autres sans s'anastomoser ni se dévier, conformément à ce qui a lieu pour les côtes des axes dont je viens de parler.

C'est de même l'existence, chez les *Myelopteris*, de semblables cordons sous-épidermiques, qui avait conduit Renault et Williamson à les comparer à des pétioles de Marattiacées. Il me paraît plus que probable que c'est à une organisation de ce genre que doit être attribuée la costulation des axes appartenant à ces *Weichselia*.

Quant à la structure de l'appareil fructificateur, la soudure des sporanges en synangium observée par M. Bommer semble plaider plus fortement encore en faveur d'une affinité des *Weichselia* avec les Marattiacées.

Je reviens maintenant à la question de la dénomination de l'espèce des gisements péruviens : M. Neumann en ayant figuré les rachis sous le nom d'*Equisetites Peruanus* (1), il y a lieu évidemment, par application de la loi de priorité, de conserver ce nom spécifique, mais en le rectifiant comme il convient, et de désigner

(1) La fig. 2, pl. II, de M. Neumann, indiquée comme appareil radicifère d'*Eq. Peruanus*, n'est évidemment pas autre chose qu'un fragment de rachis secondaire.

l'espèce péruvienne sous le nom de *Weichselia peruviana* Neumann (sp.). Envisagée dans ses pennes stériles, elle ne diffère en rien du *W. reticulata* du Wealdien d'Europe, si ce n'est peut-être par la disposition des pinnules basilaires de ses pennes de dernier ordre, assez fortement réfractées sur le rachis commun ; par contre les pennes fertiles sont totalement différentes d'aspect, ayant chez le *W. peruviana* des pinnules à limbe normal, tandis que chez le *W. reticulata* les pinnules fertiles sont dépourvues de limbe ; en outre les sores sont, chez ce dernier, notablement plus gros que chez l'espèce péruvienne.

En ce qui touche la constitution des frondes, l'observation d'échantillons plus complets pourra seule montrer si le *W. peruviana* avait réellement des frondes tripinnées, ainsi que j'ai été amené à le penser, ou au contraire des frondes à ramification palmée, à pennes primaires rayonnant du sommet d'un pétiole commun, comme l'espèce des gisements européens étudiée par M. Bommer.

Podozamites sp.

J'ai observé deux folioles détachées de *Podozamites*, l'une assez complète et d'attribution peut-être un peu douteuse, parmi les échantillons de la Caleta del Paraiso. L'autre, qui provient de Piñonate, appartient sûrement à ce genre, et j'en donne ici la figure (fig. F) ; elle montre nettement le rétrécissement caractéristique de la base de la foliole en forme de coin, mais le sommet manque, et l'on ne peut songer à une détermination spécifique ; il est toutefois présumable, d'après la largeur modérée du limbe, qu'il s'agit là d'une des nombreuses formes appartenant au groupe du *Pod. lanceolatus* Lindley et Hutton (sp.).

Fig. F. — *Podozamites* sp. - Portion inférieure d'une foliole. Grand. nat. Piñonate.

Otozamites Neumanni n. sp.

(Pl. 20, fig. 3, 4).

Otozamites Gœppertianus Neumann (*non* Dunker sp), *Neues Jahrb. f. Min.*, Beil. Bd, XXIV, p. 82, pl. II, fig. 3.

Frondes à contour ovale-linéaire très allongé, larges de 5 à 6 centimètres, longues probablement d'une vingtaine de centimètres au moins ; à rachis strié longitudinalement.

Folioles alternes, étalées-dressées, larges de 5 à 8 millimètres, longues de 30 à 35 millimètres, se recouvrant par leurs bords, atténuées au sommet en pointe obtusément aiguë, faiblement échancrées à la base, à oreillettes très inégales, le point d'attache étant placé vers le tiers ou le quart inférieur de la largeur, l'oreillette supérieure peu saillante.

Nervures faiblement divergentes à la base, espacées dans la région moyenne du limbe d'environ 1/4 à 1/3 de millimètre.

La fig. 4, pl. 20, représente le seul spécimen de cette espèce, provenant de la Caleta del Paraiso, qui se soit trouvé parmi les échantillons rapportés par M. le Capitaine Berthon ; il en avait cependant recueilli un autre, qui, d'après la photographie qu'il en a prise et que reproduit la fig. 3, pl. 20, offrait la région moyenne et supérieure d'une fronde, longue de 10 centimètres, à folioles empiétant plus ou moins les unes sur les autres, les plus basses larges de 6 millimètres et plus, faisant un angle de 45° à 50° avec le rachis, celles de la région supérieure plus fortement dressées et se réduisant au voisinage du sommet à une largeur de $3^{mm},5$ ou même 3 millimètres.

L'échantillon que j'ai eu en mains et que je reproduis fig. 4, pl. 20, avec ses folioles plus étalées et un peu plus larges encore, correspond évidemment à une région un peu plus basse de la fronde, située sans doute vers le milieu ou même au-dessous du milieu de la longueur. On voit que les folioles y empiètent de plus en plus les unes sur les autres, à l'inverse de ce qui a lieu chez l'*Otozamites Gœppertianus,* où, dans la région moyenne et inférieure de la fronde, ainsi que l'a nettement indiqué M. Seward (1), elles sont toujours assez espacées, laissant entre elles un intervalle généralement égal à leur largeur; dans la région supérieure même, où elles sont plus rapprochées, elles se touchent seulement par leurs bords (2), et ce n'est qu'exceptionnellement que M. Seward les a vues empiéter ou, plus exactement, empiéter *presque* les unes sur les autres : « *in certain parts of* A *frond,* dit-il en effet (2) (et non *an manchen Blättern* ainsi que l'a traduit un peu librement M. Neumann) (3), *the pinnæ are approximate and* ALMOST *imbricate* ».

On ne peut donc attribuer à l'espèce de Dunker, si distincte de ses congénères précisément par l'espacement relatif de ses folioles,

(1) A. C. Seward, The Wealden Flora, pt. II, p. 73, pl. I, fig. 2.
(2) *Ibid.*, pl. I, fig. 1.
(3) R. Neumann, *loc. cit.*, p. 82.

les frondes de la Caleta del Paraiso à folioles franchement imbriquées et dont l'écartement varie en sens inverse de ce qui a lieu chez l'*Otoz. Gœppertianus*. S'il pouvait y avoir doute lorsqu'on n'avait affaire qu'à un sommet de fronde, ainsi que c'était le cas pour l'échantillon figuré par M. Neumann, les échantillons de M. le Capitaine Berthon écartent toute possibilité d'identification; les fragments de frondes du gisement péruvien se distinguent en outre par leurs folioles notablement plus larges par rapport à leur largeur, moins effilées vers le sommet et terminées en pointe moins aiguë, ainsi que par l'inégalité plus accentuée et par le moindre développement des oreillettes basilaires.

Au surplus M. Salfeld a-t-il déjà, dans un travail publié en 1910, contesté la légitimité de la détermination de M. Neumann et signalé les différences qui séparent l'espèce péruvienne de l'*Otoz. Gœppertianus* (1); mais c'est à tort qu'il l'a assimilée à une espèce nouvelle décrite par lui-même sous le nom de *Zamites (Otozamites?) Peruanus* et qui, d'après la figure comme d'après la description qu'il en donne, est un véritable *Zamites*, du groupe du *Zam. Feneonis*, à folioles dépourvues d'oreillettes à leur base, tandis qu'il s'agit ici d'un *Otozamites* nettement caractérisé.

L'espèce avec laquelle cet *Otozamites* me paraît offrir le plus d'analogies est l'*Otoz. pterophylloides* Brongniart, du Jurassique (2), qui a des folioles à peu près de même largeur et de même longueur, à oreillettes basilaires aussi très inégales ; mais chez ce dernier les bases des folioles s'imbriquent presque d'une rangée à l'autre, couvrant complètement la face antérieure du rachis, l'oreillette antérieure est beaucoup plus accentuée et les nervures qui lui correspondent plus divergentes, enfin les folioles sont beaucoup plus brusquement rétrécies à leur sommet.

Somme toute, l'espèce de la Caleta del Paraiso ne me paraît

(1) H. Salfeld, Versteinerungen aus dem Devon von Bolivien, dem Jura und der Kreide von Peru (*Wissensch. Veröffentl. d. Ges. f. Erdk. zu Leipzig*, VII, p. 205-220, pl. I-IV). C'est par suite d'une erreur manifeste d'impression, que M. le Dr Salfeld a bien voulu, d'ailleurs, me confirmer par lettre, que l'*Otoz. Gœppertianus* Neumann (*non* Dunker), assimilé au *Zamites Peruanus* à la page 212 de ce travail, figure à la page 215 comme synonyme, non de cette espèce, mais du *Glossozamites Hauthali*, avec lequel il n'a aucune analogie.

(2) Saporta, Plantes Jurassiques, II, p. 157, pl. 104 à 107; pl. 108, fig. 1 ; pl. 110, fig. 3.

pouvoir être identifiée à aucune autre, et je me fais un plaisir de la dédier à M. R. Neumann, qui l'a figurée le premier.

Cycadolepis (?) Bonnieri n. sp.

Zamiostrobus aff. *index*, Neumann, *Neues Jahrb. f. Min.*, Beil. Bd. XXIV, p. 84, pl. II, fig. 4.

(Pl. 20, fig. 5, et fig. G.)

Écailles ovales-cunéiformes, arrondies au sommet, longues de 15 à 25 millimètres, larges de 8 à 10 millimètres, marquées sur une de leurs faces d'aréoles légèrement déprimées, longues de $1^{mm},5$ à $2^{mm},5$ sur 1 millimètre environ de largeur, à contour hexagonal allongé, rhomboïdal, ou elliptique, formant cinq ou six files contiguës et couvrant toute la surface, à l'exception de l'extrême base et des bords latéraux ; l'autre face tout à fait lisse.

J'ai observé, tant parmi les échantillons de Piñonate que parmi ceux de la Caleta del Paraiso, plusieurs de ces singulières empreintes, dont M. R. Neumann a lui-même figuré un spécimen, provenant de cette dernière localité, le seul, dit-il, qu'il ait vu, et qu'il a considéré comme un *Zamiostrobus* comparable au *Zam. index* Saporta.

Les échantillons recueillis par M. le Capitaine Berthon, et dont la fig. G. et la fig. 5, pl. 20, reproduisent les plus intéressants, montrent qu'il s'agit en réalité d'écailles, à contour ovale-cunéiforme, largement arrondies et presque tronquées à leur sommet, marquées sur une de leurs faces d'un réseau formé de compartiments contigus, de forme variable, à surface bombée sur les empreintes laissées par ces organes, et par conséquent déprimées sur l'organe lui-même, alors que, s'il s'agissait de *Zamiostrobus*, les écussons terminaux des écailles, étant saillants, se seraient imprimés en creux sur la roche. J'ajoute que ces compartiments apparaissent compris à l'intérieur d'un contour très net, de forme constante, et laissent gé-

Fig. G. — *Cycadolepis* (?) *Bonnieri* n. sp. — Ecailles détachées. Grand. nat. Caleta del Paraiso.

néralement entre eux et lui une bande lisse plus ou moins étroite, disposition incompatible avec l'attribution à un cône, où le contour serait formé par la succession des écailles elles-mêmes. Au surplus, l'un des échantillons de la Caleta del Paraiso montre plusieurs de ces empreintes recouvertes d'une lame d'argile cristallisée, d'une certaine épaisseur relative, qui a pris la place de la matière végétale, et dont la face libre est entièrement lisse ; en faisant sauter cette lame on retrouve sur la roche l'empreinte habituelle, avec son réseau d'aréoles en relief. La même plaque offre, en outre, d'autres empreintes en creux, tout à fait lisses également, plus ou moins incomplètes, mais concordant bien avec les autres comme contour et comme dimensions, qui correspondent évidemment à des écailles tombées sur leur autre face.

L'interprétation ne laisse donc prise à aucun doute, et il s'agit bien là, comme je l'ai dit, d'écailles détachées, lisses sur une de leurs faces et marquées sur l'autre d'aréoles polygonales plus ou moins régulières et légèrement déprimées ; mais il est impossible de se rendre compte à quoi correspondaient ces aréoles : leur délimitation si nette ne permet pas de les considérer comme résultant simplement de plissements superficiels imputables à la dessiccation d'un organe primitivement charnu, ainsi que cela paraît être pour certaines autres écailles fossiles de Cycadophytes. Il ne semble guère probable non plus qu'il faille y voir les places d'insertion d'organes disparus, sacs polliniques ou graines. Peut-être ces écailles étaient-elles appliquées contre un appareil, cône ou autre inflorescence, présentant à sa surface des reliefs saillants, sur lesquels elles auraient moulé leur face interne. On ne peut évidemment faire que des hypothèses à cet égard, et il ne s'en présente guère à l'esprit qui soient assez satisfaisantes pour s'imposer.

Il me paraît vraisemblable toutefois que ces écailles doivent ou au moins peuvent appartenir à quelque Cycadophyte, et c'est pourquoi je les inscris, non sans doute cependant, sous le nom générique de *Cycadolepis,* entendu dans un sens très large, en les dédiant, comme dénomination spécifique, à mon excellent confrère et ami M. Gaston Bonnier.

Antholithus sp.

(Fig. H.)

Il me reste à mentionner la présence, sur une des plaques de schiste de Piñonate, de certains appareils, malheureusement très incomplets, qui me semblent devoir être des inflorescences spiciformes ou spadiciformes, mais dont l'interprétation demeure tout à fait problématique, et que je me borne à signaler à l'attention des explorateurs futurs de cet intéressant gisement. Le moins imparfait de ces débris (fig. H), long de 25 millimètres, est limité par un contour rectiligne, auquel aboutissent de fines stries incurvées, plus ou moins entrecroisées, qui semblent partir à peu près tangentiellement d'un axe situé à 7 ou 8 millimètres du bord rectiligne et parallèle à lui. Il s'agit donc, à ce qu'il semble, d'un organe cylindrique d'une quinzaine de millimètres de diamètre, de l'axe central duquel se détacheraient des appendices filiformes incurvés, aboutissant à la surface externe.

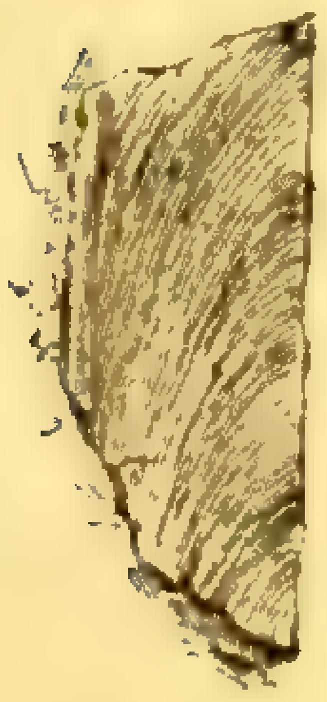


Fig. H. — *Antholithus* sp. — Fragment d'inflorescence? Grandeur natur. Piñonate.

On songerait volontiers à une inflorescence comparable à celles des Bennettitées, mais à réceptacle cylindrique très allongé ; cependant ces appendices filiformes, qui correspondraient aux pédoncules séminifères et aux écailles interséminales, semblent beaucoup plus grêles encore que ceux des *Bennettites* et des *Williamsonia*, et l'on ne distingue dans la région voisine du bord aucun indice de graines. D'autre part, en faisant sauter sur une certaine étendue la lame de roche, relativement épaisse, correspondant à ce lacis d'appendices filiformes, de manière à mettre à nu l'empreinte laissée par la surface externe de l'organe, je n'ai trouvé qu'une surface finement granuleuse, sur laquelle je n'ai pu distinguer le réseau d'aréoles polygonales caractéristique des Bennettitées et des Williamsoniées que j'avais un peu espéré découvrir. Peut-être s'agissait-il là d'appareils jeunes, non parvenus à leur complet développement, et ne faut-il pas exclure absolument l'hypothèse que je viens d'indiquer. En tout cas, en présence d'échantillons aussi imparfaits, on ne peut que réserver l'interprétation et souhaiter que des découvertes ultérieures nous fournissent un jour des renseignements moins insuffisants.

Serpules.

(Fig. J.)

Je ne crois pas sans intérêt de signaler, en terminant, la présence, à Piñonate, sur un bon nombre des fragments de rachis de divers ordres du *Weichselia peruviana*, de tubes de Serpules, le plus souvent enroulés à leur origine en spirale assez régulière, et ressemblant ainsi à des Spirorbes, mais généralement libres dans la portion terminale. La fig. J reproduit l'un de ces échantillons.

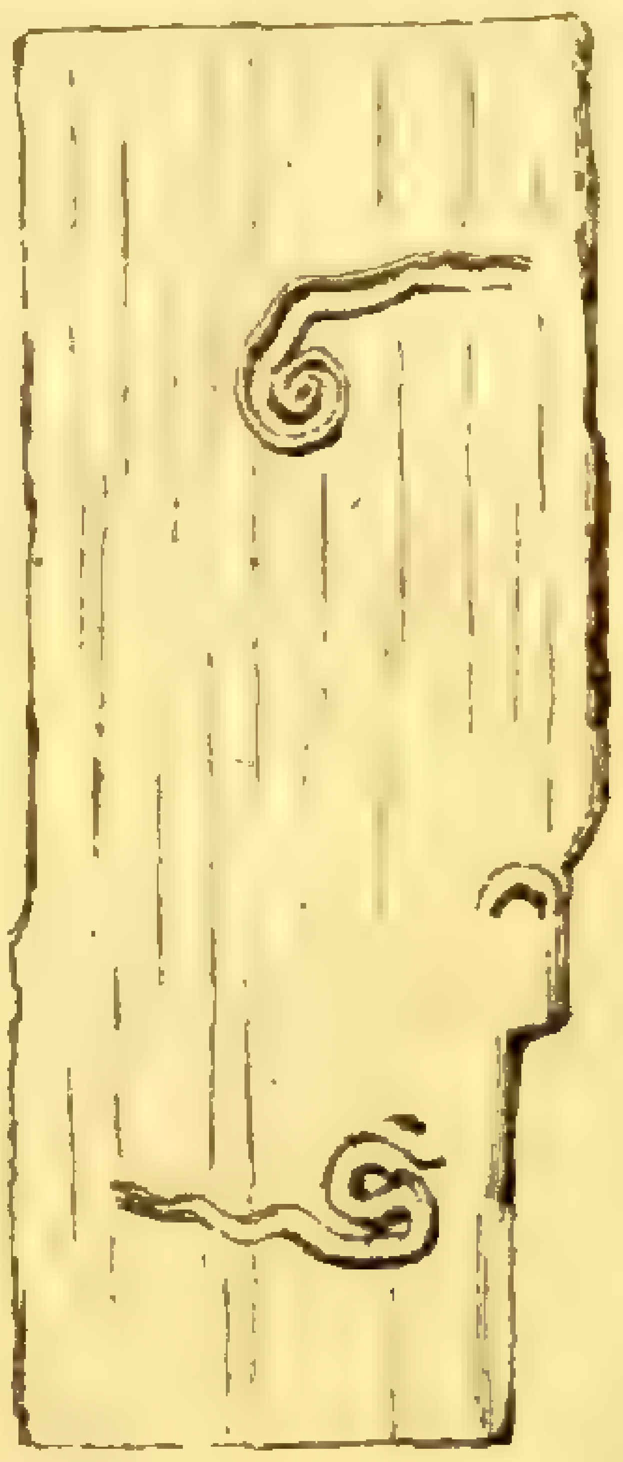


Fig. J. — Fragment de rachis de *Weichselia peruviana*, avec Serpules fixées à sa surface. Grossissement 2/1. Piñonate.

En résumé, j'ai reconnu, dans les échantillons recueillis par M. le Capitaine Berthon, huit espèces de plantes, qui sont les suivantes :

Sphenopteris Berthoni n. sp. Caleta del Paraiso.

Sphen. (Ruffordia) Gœpperti Dunker (sp.). Piñonate.

Pecopteris (Klukia) cf. *Browniana* Dunker (sp.). Piñonate.

Weichselia peruviana Neumann (sp.). Caleta del Paraiso et Piñonate. Très abondant dans l'une et dans l'autre localités.

Podozamites sp. Caleta del Paraiso; Piñonate.

Otozamites Neumanni n. sp. Caleta del Paraiso.

Cycadolepis (?) *Bonnieri* n. sp. Caleta del Paraiso ; Piñonate.

Antholithus sp. Piñonate.

M. Neumann a signalé en outre, ainsi que je l'ai dit plus haut : *Equisetites Lyelli* Mantell, *Zamiostrobus crassus* Lindley et Hutton (sp.), et *Rhynchogoniopsis neocomiensis* Neumann, représentés chacun par un échantillon unique, provenant de la Caleta del Paraiso.

L'échantillon figuré comme *Eq. Lyelli* (1), ne montrant pas de gaines foliaires, ne saurait, à mon avis, si c'est bien un *Equisetites*, être déterminé spécifiquement avec quelque certitude ; mais je ne serais pas surpris que ce ne fût qu'un rachis de *Weichselia peruviana*, les côtes et les sillons paraissant se continuer sur presque toute la longueur de l'échantillon sans alterner aux articulations, ce

(1) R. Neumann, *loc. cit.*, pl. I, fig. 2.

qui laisse un doute sur la réalité de celles-ci. Quant au « *Zamiostrobus crassus* », la figure de M. Neumann (1) donne l'impression d'un fragment de corps cylindrique plutôt qu'ovoïde, c'est-à-dire d'un rameau plutôt que d'un cône, avec des écussons hexagonaux plus hauts que larges, et non pas plus larges que hauts comme le sont ceux du *Zamiostrobus crassus*, et je me demande s'il ne s'agirait pas là d'un tronçon de rameau de Conifère pouvant appartenir au genre *Brachyphyllum*. Mais il est impossible de se prononcer sur le seul examen des figures, et je ne formule ces observations que sous toutes réserves.

En fin de compte, et la présence de l'*Equisetites Lyelli* étant douteuse, les onze espèces signalées n'en comprennent qu'une seule qui ait été déjà observée ailleurs et qui soit ainsi susceptible de renseigner sur le niveau géologique, à savoir le *Sphenopteris (Ruffordia) Gœpperti*, caractéristique de la flore wealdienne, c'est-à-dire des couches de passage du Jurassique au Crétacé et de la base du Néocomien. Il n'a été observé jusqu'ici, à ma connaissance, que dans des gisements infracrétacés, et il en est de même des *Weichselia*, du moins du *W. reticulata*, de sorte que la présence d'un *Weichselia*, très voisin de l'espèce européenne, pourrait être invoquée également en faveur de l'attribution des gisements en question à l'Infracrétacé; mais plusieurs des espèces typiques de la flore wealdienne, telles que *Pecopteris Browniana* et *Onychiopsis Mantelli*, se montrent déjà, notamment en Portugal, dans les couches de couronnement du Jurassique. Je n'oserais donc pas conclure que les gisements péruviens dont il s'agit doivent être rapportés à l'Infracrétacé plutôt qu'au Suprajurassique, étant donné surtout la présence d'Ammonites berriasiennes dans les couches à fossiles marins qui les surmontent. Il n'est pas douteux, en tout cas, d'après la constitution de la flore comme de la faune, que l'ensemble de ces couches soit très voisin de la limite commune du Jurassique et de l'Infracrétacé, mais les renseignements fournis par les empreintes végétales ne permettent pas d'affirmer que les couches à plantes soient au-dessus plutôt qu'au dessous de cette limite, et il paraît prudent de les désigner simplement comme wealdiennes sans chercher, pour le moment, à préciser davantage.

(1) R. Neumann, *loc. cit.*, pl. II, fig. 5.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 20.

Fig. 1. — *Sphenopteris Berthoni* n. sp. — Fragments de frondes. Grand. nat. Caleta del Paraiso.

Fig. 1 *a*. — Pinnule du même, grossie 3 fois.

Fig. 2. — *Sphenopteris (Ruffordia) Gœpperti* Dunker. — Fragments de pennes. Grand. nat. Piñonáte.

Fig 3. — *Otozamites Neumanni* n. sp. — Région supérieure d'une fronde. Grand. nat. Caleta del Paraiso.

Fig. 4. — *Otoz. Neumanni* n. sp. — Portion de fronde. Grand. nat. Caleta del Paraiso.

Fig. 5. — *Cycadolepis* (?). *Bonnieri* n. sp. — Ecaille détachée. Grand. nat. Piñonate.

PLANCHE 21.

Fig. 1. — *Pec. (Klukia)* cf. *Browniana* Dunker. — Empreintes de deux pennes, la supérieure fertile, l'inferieure stérile. Grossissement 1, 5/1. Piñonate.

Fig. 2. — *Weichselia peruviana* Neumann (sp.). — Fragment de fronde montrant la base d'une penne de dernier ordre, avec ses pinnules basilaires réfractées. Grand. nat. Piñonate.

Fig. 3. — *W. peruviana* Neumann (sp.). — Empreinte d'une penne fertile, grossie 2 fois. Piñonate.

Fig. 4. — *W. peruviana* Neumann (sp.) — Axe d'une penne primaire dépouillée des pennes de dernier ordre. Grand. nat. Piñonate.

Fig. 5. — *W. peruviana*. Neumann (sp.). — Axe d'une penne primaire à surface costulée. Grand nat. Piñonate.

Fig. 6. — *W. peruviana* Neumann (sp.) — Fragment d'un gros rachis primaire, costulé. Grand. nat. Piñonate.

Fig. 7. — *W. peruviana* Neumann (sp.). — Fragment d'un gros rachis primaire, costulé sur une partie de sa surface. Grand. nat. Piñonate.

Fig. 8. — *W. peruviana* Neumann (sp.). — Fragment d'un gros rachis primaire, à surface costulée, et montrant un peu au-dessous de sa surface une fine striation longitudinale. Grossissement : 2/1. Piñonate.

Fig. 9. — *W. peruviana* Neumann (sp.). — Fragment d'un gros rachis primaire, à côtes très accusées, alternativement fortes et fines. Grand. nat. Piñonate.

Fig. 10. — *W. peruviana* Neumann (sp.) — Fragment d'une penne primaire, à rachis costulé. Grand. nat. Piñonate.

Fig. 11. — *W. peruviana* Neumann (sp.). — Fragment d'un gros rachis primaire à côtes interrompues. Grossissement : 2/1. Piñonate.

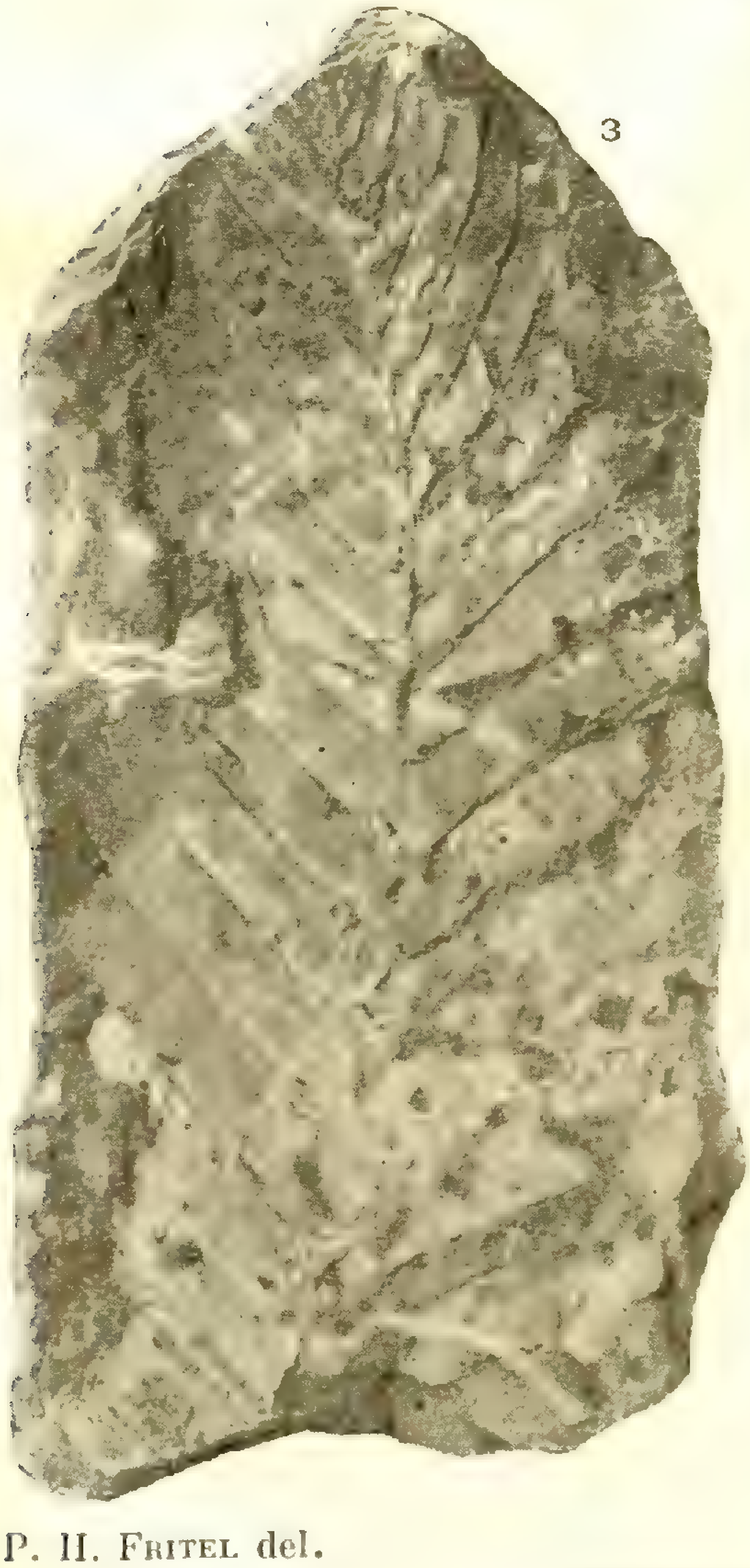
Fig. 12 et 13. — *W. peruviana* Neumann (sp.). — Fragments de gros rachis primaires, avec cicatrices correspondant vraisemblablement à des insertions de pennes primaires. Grand. nat. Piñonate.

1

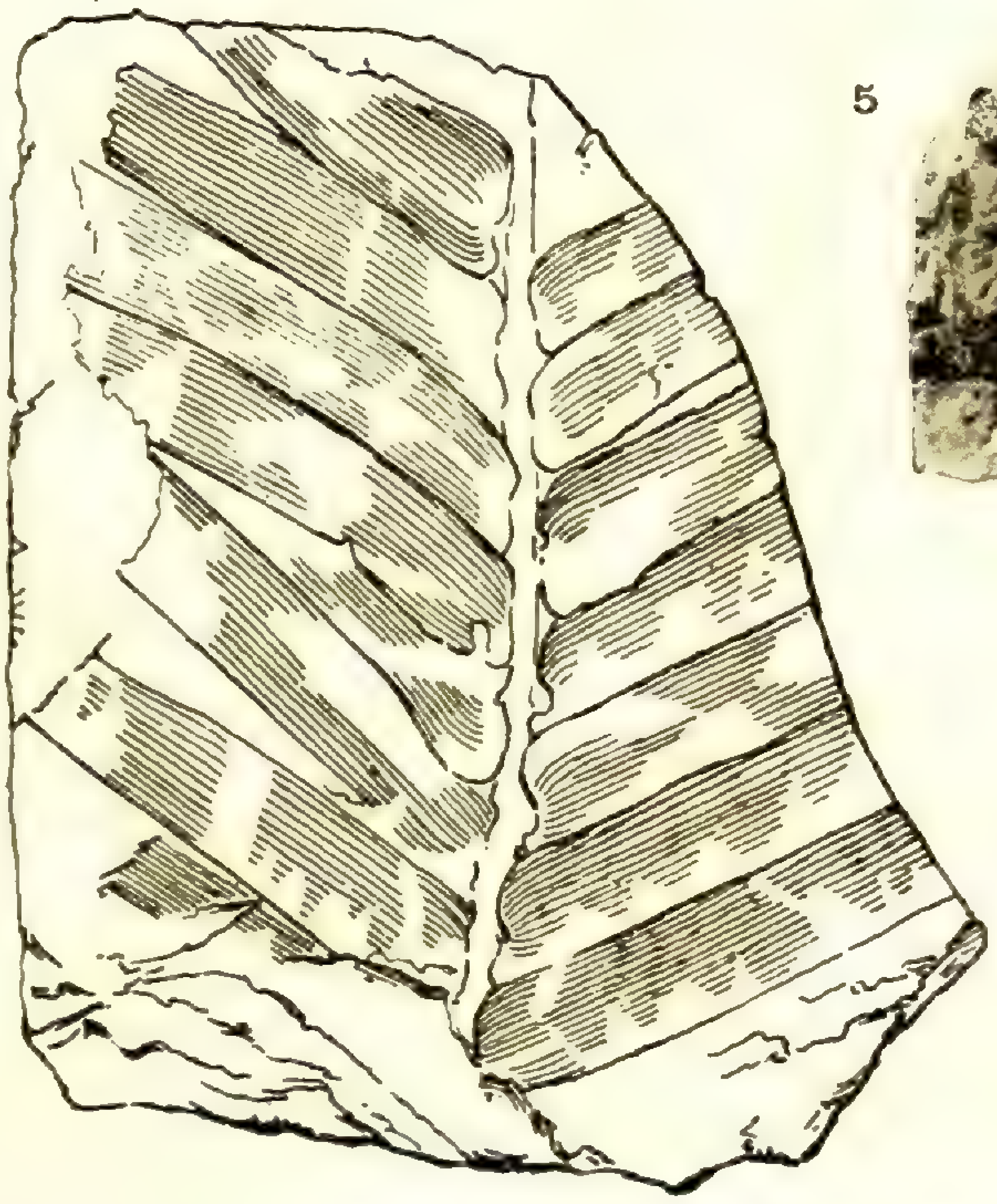
1a

2

3



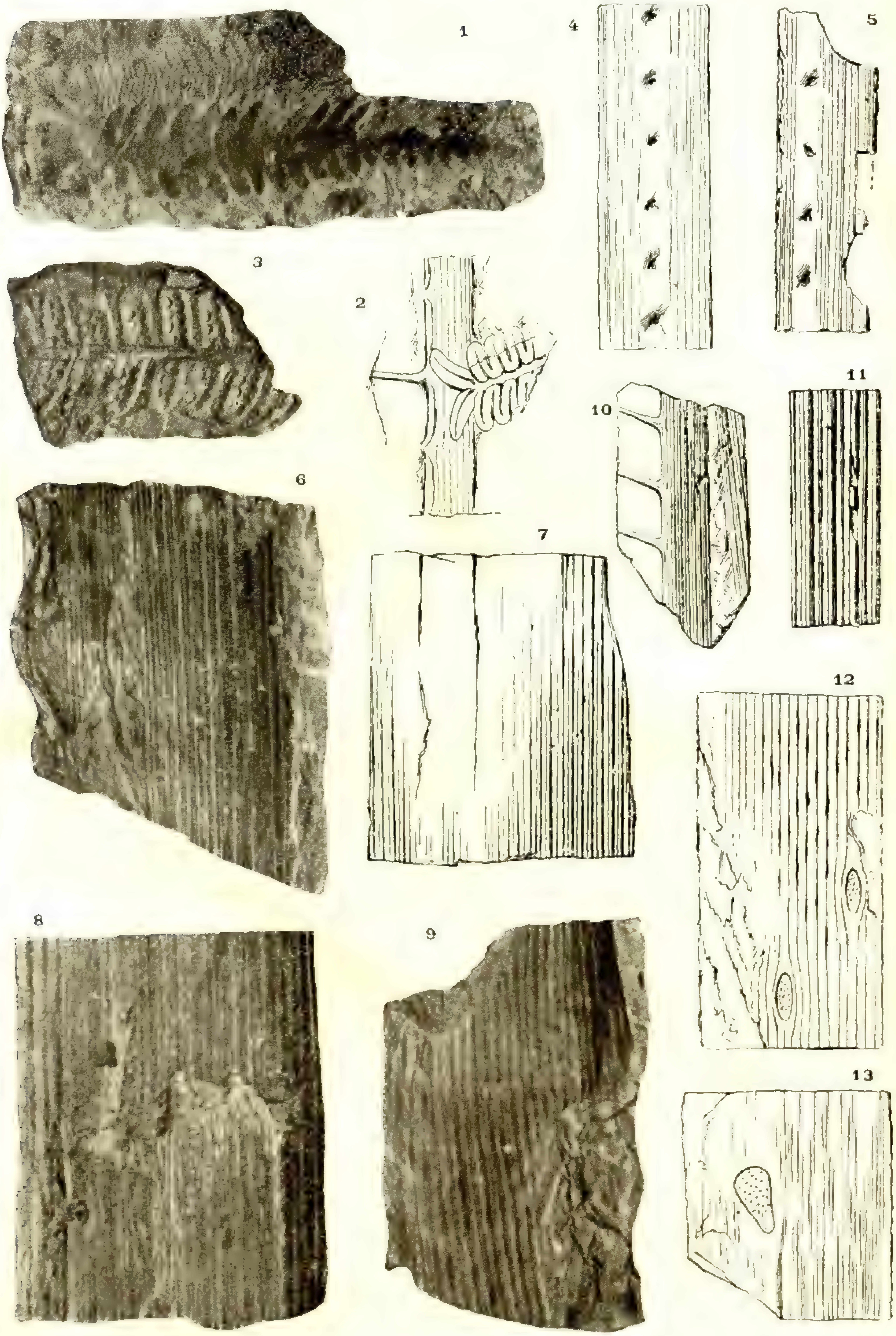
4



5

P. H. FRITEL del. BERTIN et Cie sc.

Plantes wealdiennes du Pérou. — I.



P. H. Fritel del. Bertin et Cie sc.

Plantes wealdiennes du Pérou. — II.

TABLE DES MÉMOIRES

PAGES

Le Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau (avec quatre planches) par M. Léon Dufour 1

Beauverie (J). Les germes de rouilles dans l'intérieur des semences de Graminées (avec dix figures dans le texte). 11

Berthault (Pierre). Contribution à l'étude du Piétin des céréales pendant l'année 1913. 29

Blaringhem (Louis). L'*Œnothera Lamarckiana* Seringe et les Œnothères de la forêt de Fontainebleau (avec une figure dans le texte). 35

Boudier (Em.). De l'importance que l'on doit attacher aux gouttelettes oléagineuses contenues dans les spores chez les Discomycètes. 51

Bouly de Lesdain. Lichens recueillis sur les silex le long d'une route dans les dunes des environs de Dunkerque. 55

Briquet (John). Carpologie comparée et affinités des genres d'Ombellifères *Microsciadium* et *Ridolfia* (avec sept figures dans le texte). 61

Chancerel (Lucien). Le rôle du calcium dans la végétation forestière (avec une planche). 83

Combes (Raoul). Le processus de formation des pigments anthocyaniques 91

Costantin (J) et Poisson (H). Note à propos d'un *Bulbophyllum* de la Guinée française nouvellement introduit dans les serres du Muséum. 103

Daniel (Lucien). Classification rationnelle des symbioses (avec neuf figures dans le texte). 111

De Litardière (R). La flore des environs de la Station de Biologie végétale de Mauroc (avec une planche). 121

Devaux (H). Déformation des touffes de Bruyères au bord de la mer. Contribution à l'étude des causes physiologiques du buissonnement (avec cinq figures dans le texte). 133

De Vries (Hugo). L'*Œnothera grandiflora* de l'herbier de Lamarck (avec une figure dans le texte). 151

PAGES

DOP (Paul). Recherches sur le rôle des différenciations cytoplasmiques du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* Poir. dans la formation de cellulose (avec deux figures dans le texte et une planche). 167

DOUIN (Ch). Le sporogone des Céphaloziellacées (avec une planche) 179

DOUIN (Robert). Contribution à l'étude du genre *Riella* (avec une planche). 195

DUBARD (Marcel) et URBAIN (A). Sur quelques cas tératologiques de germination chez le Chou-fleur et le Chou-Milan (avec six figures dans le texte). 203

DUCELLIER (L). Note sur la végétation de l'*Oxalis cernua* Thunb en Algérie (avec dix figures dans le texte). 217

DUFOUR (Léon). Note sur les Agaricinées de la forêt de Fontainebleau. 229

ERIKSSON (Jakob). Quelques études sur la maladie de la rouille des Betteraves, *Uromyces Betæ* (Pers), Kuhn. (avec deux figures dans le texte) 247

FRANÇOIS (Louis). La géographie botanique et les analyses de semences (avec une figure dans le texte). 259

FRIEDEL (Jean). Sur l'anatomie de la fleur du *Passiflora cærulea* L. (avec une figure dans le texte et une planche). 269

GAIN (Edmond). Sur les effets du parasitisme du Bruche de la Fève (avec six figures dans le texte). 277

GUILLIERMOND (A). Recherches cytologiques sur la formation des pigments anthocyaniques. Nouvelle contribution à l'étude des mitochondries (avec trois planches en couleurs). 295

HICKEL (R). Une station européenne de Peupliers du groupe des *Turanga* (avec une figure dans le texte). 339

HY (Abbé F). Observations sur les *Ulex* de l'Ouest de la France. . 345

JACCARD (Paul). Structure anatomique de racines hypertendues (avec sept figures dans le texte). 359

JACOB DE CORDEMOY (H). Observations anatomiques sur les *Gravesia* de Madagascar (avec sept figures dans le texte). 373

JUMELLE (H) et PERRIER DE LA BATHIE (H). Le genre *Gravesia*. . . 391

KÖVESSI (François). De l'assimilation de l'azote de l'air et de la réaction des matières albuminoïdes contenues dans les poils « spécialisés » des plantes cultivées dans l'oxygène en l'absence d'azote. 405

LAPIE. Aperçu phytogéographique sur la Kabylie des Babors. . . 417

LAS BARRAS DE ARAGON (A. Francisco de). Deux nouveaux laboratoires de recherches botaniques en Espagne. Influence scientifique de M. le Professeur Gaston Bonnier en dehors de la France. . . 425

LAURENT (J). L'ancienne végétation forestière de la Champagne pouilleuse (avec deux planches). 433

PAGES

LEBARD (Paul). Remarques sur la floraison de quelques espèces de Liguliflores (avec une figure dans le texte). 449

LECLERC DU SABLON. Sur le fonctionnement des réserves d'eau (avec quatre figures dans le texte). 459

LUBIMENKO (W). Quelques recherches sur la lycopine et sur ses rapports avec la chlorophylle. 475

MAIGE (A). Formation des chromosomes hétérotypiques chez l'*Asphodelus microcarpus* (avec une planche). 495

MATRUCHOT (L). Variations expérimentales du *Tricholoma nudum*. Disparition progressive de certains caractères spécifiques ou génériques chez un Champignon Basidiomycète charnu (avec une planche). 503

MER (Emile). Influence du milieu sur l'évolution du *Lophodermium nervisequum*. Nouvelles recherches. 511

MOLLIARD (Marin). Effets de la compression sur la structure des racines (avec sept figures dans le texte et deux planches). . . 529

PALLADINE (W) et COHNSTAMM (G). L'action des sels d'antimoine sur la respiration des plantes. 539

POISSON (H). Note sur quelques herborisations au XVII^e^ siècle dans la forêt de Fontainebleau. 557

PRIANICHNIKOV (D). Sur la question des excrétions nuisibles des racines (avec onze figures dans le texte). 563

RICHET. (Charles). L'accoutumance du ferment lactique aux poisons (bromure de potassium). Etude de mésologie. 583

SÉLIBER (G). Les acides volatils dans les produits de fermentation de quelques microbes anaérobies. 589

TÉODORESCO (Em. C.) Température mortelle pour quelques diastases d'origine animale et végétale. 599

VIGUIER (R) et HUMBERT (H). Observations sur quelques Guttifères malgaches. 629

VUILLEMIN (Paul). Destruction des Tétranyques par la chaleur. . 643

ZEILLER (R). Sur quelques plantes wealdiennes recueillies au Pérou par M. le Capitaine Berthon (avec neuf figures dans le texte et deux planches). 647

TABLE DES PLANCHES

FRONTISPICE, par A. MILLOT	en face de la page	V
PORTRAIT de GASTON BONNIER.	—	VII
PLANCHE 1. *Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Bâtiment principal* (L. Dufour)	—	1
PLANCHE 2. *Plan du Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau* (L. Dufour).		
PLANCHE 3. *Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. La grande allée* (L. Dufour)	après la page	10
PLANCHE 4. *Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Pavillon de Physiologie. Un coin boisé du parc et le Chaume* (L. Dufour) . . .		
PLANCHE 5. *Action du calcium sur la végétation forestière* (L. Chancerel) . . .	—	90
PLANCHE 6. *Flore des environs de la Station de Biologie végétale de Mauroc,* (R. de Litardière).	—	132
PLANCHE 7. *Différenciations cytoplasmiques et formation de cellulose (Suçoir micropylaire de Veronica persica)* (P. Dop)	—	178
PLANCHE 8. *Le sporogone des Céphaloziellacées,* (Ch. Douin)	—	194
PLANCHE 9. *Les Riella* (R. Douin)	—	202
PLANCHE 10. *Anatomie de la fleur du Passiflora cærulea* L. (J. Friedel). . . .	—	276

PLANCHE 11. *Formation de l'anthocyane dans la feuille de Rosier* (A. Guilliermond).		
PLANCHE 12. *Formation de l'anthocyane dans la feuille de Noyer* (A. Guilliermond).	après la page	338
PLANCHE 13. *Formation de l'anthocyane dans la plantule de Ricin et dans le tubercule de Pomme de terre* (A. Guilliermond)		
PLANCHE 14. *Carte forestière de la Champagne crayeuse* (J. Laurent)		
PLANCHE 15. *Le Bois de la Bardolle. Les « Coquefichiers » de Mairy-sur-Marne* (J. Laurent)	—	448
PLANCHE 16. *Prophase hétérotypique de l'Asphodelus microcarpus* (A. Maige). .	—	502
PLANCHE 17. *Tricholoma nudum* (L. Matruchot) .	—	510
PLANCHE 18. *Influence de la compression sur les racines. I.* (M. Molliard) . . .		
PLANCHE 19. *Influence de la compression sur les racines. II.* (M. Molliard) . . .	—	538
PLANCHE 20. *Plantes wealdiennes du Pérou. I.* (R. Zeiller)		
PLANCHE 21. *Plantes wealdiennes du Pérou. II.* (R. Zeiller)	—	672

NEMOURS. — IMPRIMERIE NEMOURIENNE, HENRI BOULOY.